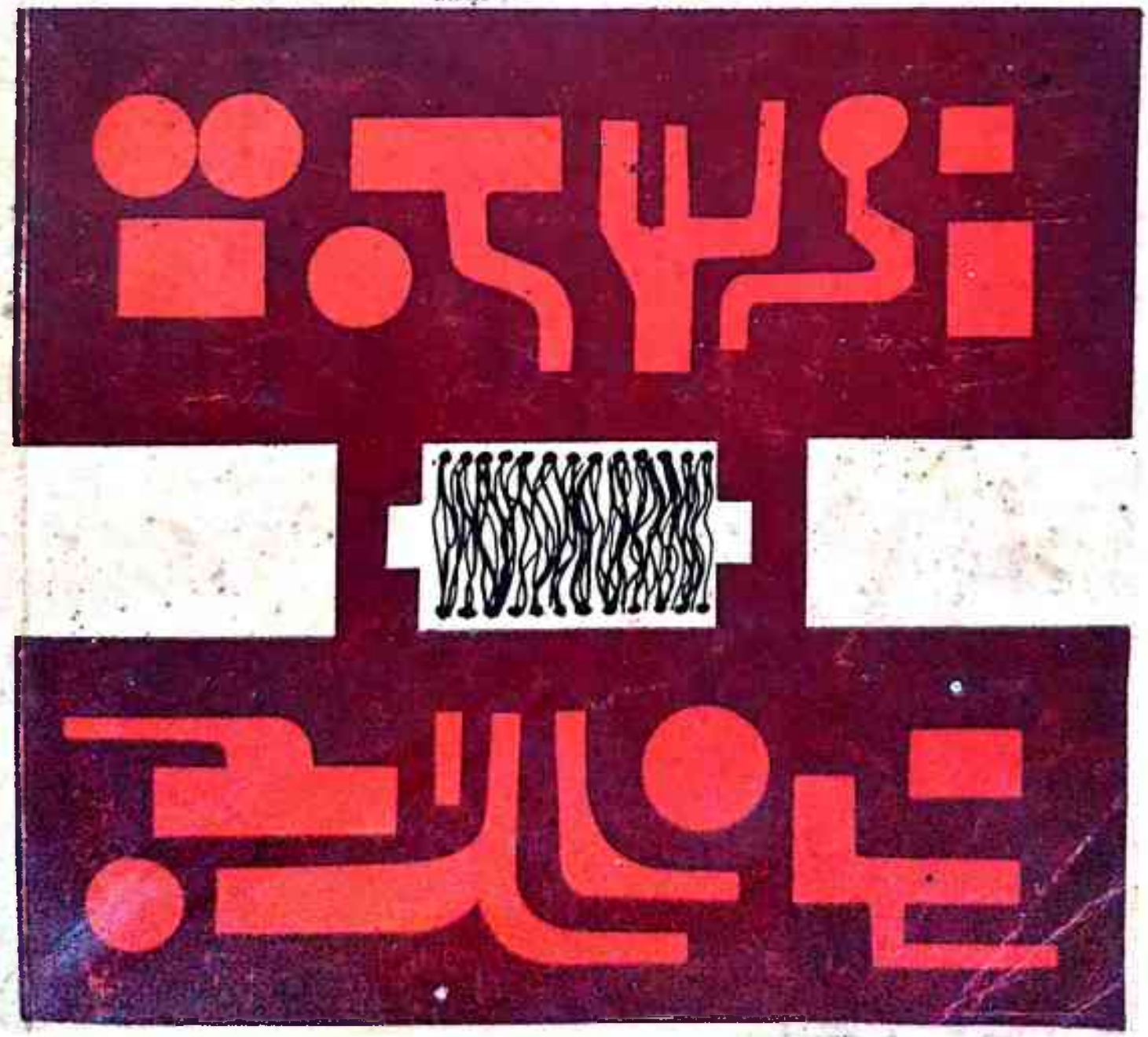
N. REUS

TRATAREA SIMBOLICĂ A SCHEMELOR DE COMUTAȚIE



Scanned with OKEN Scanner

Dr. ing. N. REUS

TRATAREA SIMBOLICĂ A SCHEMELOR DE COMUTAȚIE

EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA
1971

Scanned with OKEN Scanner

TABLA DE MATERII

Introducere 7
Cap. 1. **Marcarea schemelor de comutaţie.** 9
Cap. 2. **Proprietăţile raportului de stare** 17
Cap. 3. **Proprietăţile simbolului de marcare** 26
3.1. Disjuncţia logică 26
3.2. Conjuncţia logică 32
3.3. Negaţia logică 34
3.4. Permutabilitatea indicilor. 42
3.5. Scoaterea în factor 46
Cap. 4. **Graful asociat unui simbol de marcare** 48
Cap. 5. **Clasificarea funcţiilor logice** 57
Cap. 6. **Metodă simbolică de minimizare a expresiilor booleene** . . 64
Cap. 7. **Metodă simbolică de analiză a schemelor de comutaţie** . . 82
Cap. 8. **Analiza schemei de automatizare a unei carde de bumbac** . 99
Cap. 9. **Transformarea schemelor cu contacte** 110
Cap. 10. **Minimizarea globală a expresiilor booleene** 119
Cap. 11. **Metodă simbolică de sinteză a schemelor de comutaţie.** . . 127
11.1. Sinteza schemelor de comandă automată a motoarelor electrice 127
11.2. Sinteza schemelor de comutaţie pentru acţionări electrice cu cinematică programată 163
11.3. Sinteza unor scheme de comutaţie folosite în calculatoarele electronice şi în automatizări industriale 207
11.4. Proiectarea logică a schemei de automatizare a unui laminor de bumbac. 240
11.5. Proiectarea logică a unei maşini de găurit automate (automat secvenţial asincron). 252
Bibliografie 263
Symbolic treatment of commutation schemes (Summary) 269

Scanned with OKEN Scanner

INTRODUCERE

În etapa actuală de dezvoltare a tehnicii asistăm la o creștere impetuoasă a complexității sistemelor logice. Această creștere este determinată de extinderea pe scară din ce în ce mai largă a automatizării proceselor de producție, care devin din ce în ce mai complicate.

Sfera de utilizare a schemelor de comutație îmbrățișează domeniul acționărilor electrice, domeniul automatizărilor, telemecanicii, al conducerii programate a mașinilor unelte, telefonia automată, optimizatoarele numerice, calculatoarele numerice etc.

Complexitatea crescîndă a schemelor de comutație a impus efectuarea a numeroase cercetări privind găsirea unor metode de analiză și sinteză a acestor sisteme. În sfera acestor preocupări se încadrează și prezenta lucrare.

Teoria schemelor de comutație este de dată relativ recentă și se bazează pe algebra Boole, creată în 1847. Abia în 1910 Ehrenfest atrage atenția asupra posibilității de a aplica algebra Boole pentru studiul schemelor de comutație, iar în 1930 s-au lansat primele idei asupra folosirii algebrei lui Boole pentru studiul sistemelor logice, pe atunci realizate mai ales cu relee.

În 1938 americanul Claude Schannon a publicat un studiu în care se expunea aplicarea algebrei logicii la schemele cu contacte și relee. Acest studiu a stat la baza cercetărilor americane în acest domeniu.

În U.R.S.S., tot prin 1938, se pun bazele aplicării algebrei logicii la studiul schemelor cu contacte prin lucrările lui V. I. Șestakov și M. A. Gavrilov.

Printre lucrările mai importante în acest domeniu apărute în străinătate, mai amintim pe cele ale lui S. H. Caldwell, P. Naslin, J. Kuntzmann, S. Huffman, P. Tison, J. Florine etc.

Cercetările școlii românești în acest domeniu, inițiate de acad. Gr. C. Moisil, ocupă unul dintre primele locuri pe plan mondial. Aceste lucrări sînt citate în majoritatea lucrărilor de specialitate din acest domeniu.

Problemele de analiză și sinteză a schemelor de comutație fac obiectul a numeroase lucrări publicate de cercetători români (vezi bibliografia anexată). Aplicarea algebrei logicii pentru cazul particular al schemelor de comutație folosite în acționările electrice a făcut obiectul unor lucrări publicate de prof. dr. doc. N. V. Boțan

Scanned with OKEN Scanner

și colaboratorii săi de la Institutul politehnic din Iași. În aceste lucrări se arată posibilitatea aplicării algebrei logicii la analiza și la sinteza schemelor de acționare electrică.

Alături de metodele de analiză și sinteză a schemelor de comutație, bazate pe folosirea directă a formulei de interpolare a lui Lagrange, astăzi capătă răspîndire metode noi, care se grupează în metode algebrice, grafice și matriceale. Ele sînt tratate destul de amplu în literatura apărută în țara noastră. Analiza critică a acestor metode evidențiază faptul că încă nici una dintre ele nu satisface pe deplin cerințele practicii inginerești.

Prezenta lucrare își propune scopul de a oferi un nou punct de vedere în tratarea schemelor de comutație. Metoda simbolică de tratare a schemelor de comutație, care face obiectul acestei lucrări, se încadrează în efortul general de soluționare a problemelor inginerești de analiză și sinteză a schemelor de comutație. Aplicabilitatea ei se demonstrează prin problemele care au căpătat o soluție prin aplicarea metodei simbolice.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 1 MARCAREA SCHEMELOR DE COMUTAȚIE

Schemele de comutație utilizate în sistemele automate moderne folosesc elemente cu funcționare discretă, cum sînt diferitele tipuri de relee și contactoare electromagnetice sau elemente de comutație statică, adică dispozitive electronice sau magnetice. Variabilele de intrare și de ieșire ale acestor elemente sau ale schemei de comutație care le conține pot lua numai valori discrete.

Dacă variabilele unei scheme de comutație pot avea numai valorile discrete 0 și 1, ele se numesc binare. Valoarea binară 0 poate fi asociată absenței semnalului de intrare sau absenței acțiunii de la ieșire, iar valoarea binară 1 se poate asocia cu prezența semnalului de intrare sau cu prezența acțiunii la ieșire.

În general, o schemă de comutație are mai multe intrări și ieșiri. Ea este deci caracterizată prin mai multe variabile binare de intrare și de ieșire.

În grupul variabilelor binare de intrare sînt cuprinse variabilele primare și cele secundare. Variabilele primare, inițiatoare de comenzi, sînt independente față de cele de ieșire. Ele depind de acțiuni exterioare schemei de comutație, cum ar fi acționarea diferitelor butoane sau comutatoare prin care se dau diferite comenzi.

Variabilele secundare, provenite de pe legăturile de reacție ale schemei, depind de variabilele de ieșire ale acesteia.

Variabilele de ieșire ale unei scheme de comutație exprimă starea bobinelor de excitație ale releelor sau contactoarelor, prezența sau absența semnalelor electrice la ieșirea elementelor de comutație statică, prezența sau absența curentului în circuitul de excitație sau al indusului unui electromotor, starea becurilor semnalizatoare etc. Variabilele de ieșire pot avea sau nu atașate variabile secundare.

În cazul schemelor de comutație dinamică, adică a schemelor de comutație care folosesc relee și contactoare, variabilele de ieșire exprimă starea bobinelor de excitație ale acestora, iar variabilele

Scanned with OKEN Scanner

secundare atașate lor exprimă starea contactelor controlate de aceste relee sau contactoare.

În cazul schemelor de comutație statică, adică al schemelor care folosesc elemente de comutație fără contacte, cum sînt dispozitivele electronice sau magnetice, variabilele de ieșire exprimă prezența sau absența semnalelor electrice la ieșirea acestor elemente, iar variabilele secundare atașate lor exprimă existența sau absența legăturilor de reacție, adică a conexiunilor care leagă ieșirea acestor elemente cu intrările schemei de comutație.

Schemele de comutație care nu folosesc decît variabile primare, sînt scheme combinaționale. În acest caz, valorile binare ale variabilelor de ieșire ale schemei de comutație sînt determinate în întregime numai de combinația valorilor binare momentane ale variabilelor de intrare.

Introducerea unor legături de reacție în schemă, caracterizate prin variabile secundare atașate unor variabile de ieșire, transformă schema de comutație într-o schemă secvențială. În acest caz, valorile binare ale variabilelor de ieșire ale schemei de comutație depind și de timp. Această dependență se explică prin intervenția variabilelor secundare în etapa imediat următoare care succedă modificării ieșirilor de către variabilele de intrare.

Schemele secvențiale de comutație se caracterizează deci printr-o evoluție în timp. Dacă această evoluție este necontrolată din exterior prin variabile primare, schemele se numesc secvențiale asincrone. Dacă însă evoluția în timp a schemei secvențiale este controlată din exterior prin semnale de „tact" furnizate de un „generator de tacte", schema secvențială se numește sincronă.

În cazul schemelor secvențiale sincrone, aplicarea variabilelor secundare este controlată prin niște porți, care permit trecerea semnalelor de reacție numai simultan cu semnalele de „tact".

Starea unei scheme de comutație la un moment dat este caracterizată prin valorile binare ale variabilelor de intrare și de ieșire în acel noment. Dacă grupul variabilelor primare și al celor secundare se scrie într-o anumită ordine, atunci șirul valorilor binare ale lor poate caracteriza o stare a schemei de comutație.

Pentru o scriere mai concentrată, numărul binar, reprezentat de șirul valorilor binare ale variabilelor de intrare, se exprimă în codul octal, numindu-se „număr de stare". Se preferă codul octal, avîndu-se în vedere ușurința convertirii binar-octale și ușurința punerii în evidență a adiacențelor dintre numerele exprimate în codul octal.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a caracteriza complet o stare a schemei de comutație este necesară și indicarea valorilor binare ale variabilelor de ieșire ale schemei, care corespund numărului de stare considerat.

Starea unei scheme de comutație se poate reprezenta deci prin următorul simbol, pe care-l numim „raport de stare" :

$$\frac{n}{X_1 X_2 \ldots X_n}, \tag{1.1}$$

unde n este numărul de stare, iar $X_1 X_2 \ldots X_n$ șirul valorilor binare ale variabilelor de ieșire ale schemei de comutație.

Raportul de stare definit astfel se deosebește formal și structural de simboluri similare întîlnite în literatura de specialitate ([25] p. 57 și p. 155), [1], [23]).

Totalitatea stărilor posibile ale unei scheme de comutație caracterizează proprietățile funcționale ale acesteia. Alături de acestea, în cazul schemelor de comutație secvențiale, trebuie precizate și toate posibilitățile de evoluție în timp a stărilor schemei, adică secvențele de lucru și stările de blocare ale schemei. De asemenea, în cazul schemelor de comutație secvențiale asincrone, trebuie precizate și temporizările programate care se manifestă în evoluția în timp a schemei.

Exceptînd deocamdată aceste precizări, șirul valorilor binare ale unei variabile de ieșire, care corespund tuturor numerelor de stare posibile considerate în ordinea lor crescătoare, poate caracteriza proprietățile funcționale ale schemei referitoare la variabila de ieșire considerată.

Pentru o scriere mai concentrată, numărul binar, reprezentat de șirul valorilor binare ale variabilei de ieșire considerate, se exprimă în codul octal, numindu-se „număr de ordine".

Numărul de ordine definit astfel reprezintă expresia octală a „imaginii" unei funcții logice. Noțiunea de imagine a unei funcții logice este definită în [83 p. 14] prin succesiunea valorilor binare ale variabilei de ieșire pentru toate combinațiile posibile ale variabilelor de intrare, considerate în ordinea crescătoare a numerelor de stare.

O schemă de comutație cu mai multe variabile de ieșire poate fi deci marcată prin următorul simbol, denumit „simbol de marcare" :

$$F(X_1, X_2, \ldots, X_m) = D^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{N_1, N_2 \ldots N_m}, \tag{1.2}$$

unde N_k, este numărul de ordine referitor la variabila de ieşire X_k, iar $x_1x_2\ldots x_n$, şirul ordonat al variabilelor de intrare. Ordinea de scriere a variabilelor de intrare corespunde ordinei folosite pentru determinarea numerelor de stare.

Simbolul de marcare (1.2) este scris în forma neoperativă. Pentru a putea opera cu el este convenabilă exprimarea lui într-o formă operativă. În acest scop, numerele de ordine N_k se înlocuiesc cu grupul numerelor de stare care corespund valorilor binare 1 ale variabilei de ieşire X_k, subînţelegîndu-se că restul numerelor de stare posibile corespund valorilor binare 0 ale acesteia.

În cazul sintezei unor scheme de comutaţie, pentru anumite stări ale acesteia nu sînt precizate valorile binare ale unor variabile de ieşire. Stările corespunzătoare ale schemei de comutaţie sînt deci indiferente. Ele corespund fie unor stări ce nu se pot ivi practic în funcţionarea schemei, fie unor stări ce nu influenţează îndeplinirea funcţiilor logice cerute schemei de comutaţie. Pentru o schemă de comutaţie cunoscută, toate numerele de stare sînt precis definite, neexistînd deci numere de stare indiferente.

Specificarea numerelor de stare indiferente este foarte utilă în procesul de sinteză al schemei, cînd schema de comutaţie nu este cunoscută. Această specificare se face printr-un asterisc (*), scris ca indice al acestor numere.

Dacă stările indiferente sînt mai numeroase decît cele care corespund valorilor binare 0 ale variabilei de ieşire, se preferă indicarea acestora în forma operativă a simbolului de marcare. Precizarea lor se face prin indicele zero (^{0}), ataşat acestor numere, sau specificînd separat numerele de stare care corespund valorii binare 1 şi valorii binare 0 a variabilei de ieşire.

Pentru o singură variabilă de ieşire, forma operativă a simbolului de marcare se va scrie

$$F(X) = D^{x_1x_2\ldots x_n}_{(n_1, n_2\ldots n_i^*, \ldots n_k)}. \tag{1.3}$$

Numerele de stare n_k din indicele inferior al simbolului de marcare se scriu între paranteze pentru a le distinge de numerele de ordine ale schemei de comutaţie.

În cazul mai multor variabile de ieşire, indicele inferior va cuprinde între paranteze, separat pentru fiecare variabilă, numerele de stare aferente acesteia, adică vom scrie

$$F(X_1,X_2\ldots X_m) = D^{x_1x_2\ldots x_n}_{(N_1),\ (N_2),\ \ldots\ (N_m)}. \tag{1.4}$$

Simbolul de marcare (1.3) sau (1.4) cuprinde în formă concentrată toate informațiile care se dau obișnuit sub forma „tabelei de adevăr".

O tabelă de adevăr are n coloane, care corespund celor n variabile de intrare, și 2^n linii, care corespund tuturor combinațiilor posibile ale valorilor binare ale acestor variabile. De asemenea ea cuprinde cîte o coloană pentru fiecare variabilă de ieșire, unde se înscriu valorile binare ale acestei variabile în corespondență cu diferitele combinații de intrare.

Raportul de stare (1.1) poate fi dedus din cel de marcare și cu ajutorul lui se pot deduce secvențele de lucru ale unei scheme de comutație.

Rezultă deci că simbolul de marcare (1.3) poate caracteriza complet proprietățile funcționale ale unei scheme de comutație, exceptînd temporizările programate care se manifestă în funcționarea ei. Acest simbol, după cum se va arăta în cele ce urmează, poate fi tratat ca operator de calcul, spre deosebire de alte simboluri ([72] p. 101), ([25] p. 38), ([83] p. 15), care se folosesc numai în scopul unei simplificări a scrierii. El se dovedește foarte util în sinteza schemelor de comutație, folosindu-se în asociație cu raportul de stare definit mai sus.

Exemplul 1.1. Să se deducă simbolul de marcare și raportul de stare pentru schema de comutație definită de tabela de adevăr 1.1. Pentru forma neoperativă a simbolului de marcare se vor considera stările indiferente (*) ca avînd valoarea binară 0.

Tabela de adevăr pentru acest exemplu cuprinde numai coloanele $x_0x_1x_2x_3$ pentru variabilele de intrare ale schemei și coloanele X, Y și Z pentru cele de ieșire.

Valorile binare indiferente ale variabilelor de ieșire sînt notate în această tabelă prin semnul (*). Ordinea liniilor corespunde sistemului de numerație binară, adică ordinii crescătoare a numerelor de stare n_k. Aceste numere de stare se înscriu într-o coloană atașată tabelei de adevăr 1.1.

Folosind tabela 1.1, se scriu în ordinea crescătoare a numerelor de stare biții reprezentativi ai celor trei variabile de ieșire, separîndu-se prin puncte grupe de cîte trei biți, începînd cu ultimul bit. Se obține astfel

$$(N_X)_2 = 0.110.000.101.100.111,$$
$$(N_Y)_2 = 0.011.001.100.101.001,$$
$$(N_Z)_2 = 0.101.001.101.101.011.$$

Expresia octală a acestor numere binare se obține prin convertirea separată a grupelor de cîte trei biți din codul binar în cel octal. Se obține astfel

$$N_X = 60.547, \quad N_Y = 31.451 \quad \text{și} \quad N_Z = 51.553.$$

Tabela 1.1.

Numărul de biți „1"	Numărul de stare n_s	x_0	x_1	x_2	x_3	X	Y	Z
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	1	0	1
1	2	0	0	1	0	1	1	0
2	3	0	0	1	1	0	1	1
1	4	0	1	0	0	0	0	0
2	5	0	1	0	1	*	*	*
2	6	0	1	1	0	0	1	1
3	7	0	1	1	1	1	1	1
1	10	1	0	0	0	0	*	*
2	11	1	0	0	1	1	0	1
2	12	1	0	1	0	1	1	1
3	13	1	0	1	1	0	0	0
2	14	1	1	0	0	0	1	1
3	15	1	1	0	1	1	0	0
3	16	1	1	1	0	1	*	1
4	17	1	1	1	1	1	1	1

Forma neoperativă a simbolului de marcare se va scrie deci astfel

$$F(X, Y, Z) = D^{x_0 x_1 x_2 x_3}_{60.547,\, 31.451,\, 51.553.}$$

Forma operativă a simbolului de marcare se obține direct din tabela de adevăr, folosind în cazul nostru coloana a doua a aces-

tuia în care sînt trecute numerele de stare. Această formă se poate exprima în cazul nostru fie evidenţiind numerele de stare indiferente printr-un asterisc, fie pe cele care corespund valorii binare 0 a variabilei de ieşire printr-un indice (^{0}), fie evidenţiind în paranteze separate numerele de stare care corespund valorilor binare 1 şi 0 ale variabilei de ieşire.

Se poate deci scrie

$$F(X) = D^{x_0x_1x_2x_3}_{(1,\,2,\,5^*,\,7,\,11,\,12,\,15,\,16,\,17)} = D^{x_0x_1x_2x_3}_{(1,\,2,\,7,\,11,\,12,\,15,\,16,\,17,\,0^0,\,3^0,\,4^0,\,6^0,\,10^0,\,13^0,\,14^0)} =$$

$$= D^{x_0x_1x_2x_3}_{\substack{1:(1,\,2,\,7,\,11,\,12,\,15,\,16,\,17),\\ 0:(0,\,3,\,4,\,6,\,10,\,13,\,14)}}$$

$$F(Y) = D^{x_0x_1x_2x_3}_{(2,\,3,\,5^*,\,6,\,7,\,10^*,\,12,\,14,\,16^*,\,17)} = D^{x_0x_1x_2x_3}_{(2,\,3,\,6,\,7,\,12,\,14,\,17,\,0^0,\,1^0,\,4^0,\,11^0,\,13^0,\,15^0)} =$$

$$= D^{x_0x_1x_2x_3}_{\substack{1:(2,\,3,\,6,\,7,\,12,\,14,\,17)\\ 0:(0,\,1,4,\,11,\,13,\,15)}}$$

$$F(Z) = D^{x_0x_1x_2x_3}_{(1,\,3,\,5^*,\,6,\,7,\,10^*,\,11,\,12,\,14,\,16,\,17)} = D^{x_0x_1x_2x_3}_{(1,\,3,\,6,\,7,\,11,\,12,\,14,\,16,\,17,\,0^0,\,2^0,\,4^0,\,13^0,\,15^0)} =$$

$$= D^{x_0x_1x_2x_3}_{\substack{1:(1,\,3,\,6,\,7,\,11,\,12,\,14,\,16,\,17)\\ 0:(0,\,2,\,4,\,13,\,15)}}$$

De regulă se preferă scrierea numerelor de stare în ordinea lor crescătoare şi forma cea mai simplă de exprimare. În formă mai concentrată, simbolul de marcare pentru exemplul nostru se scrie

$$F(X, Y, Z) = D^{x_0x_1x_2x_3}_{\substack{(1,\,2,\,5^*,\,7,\,11,\,12,\,15,\,16,\,17),\\ (2,\,3,\,5^*,\,6,\,7,\,10^*,\,12,\,14,\,16^*,\,17),\\ (1,\,3,\,5^*,\,6,\,7,\,10^*,\,11,\,12,\,14,\,16,\,17).}}$$

Scanned with OKEN Scanner

Raportul de stare pentru exemplul nostru se va scrie

$$\frac{x_0x_1x_2x_3}{XYZ} = \frac{n}{XYZ}.$$

Variabilele de ieşire neavînd ataşate şi variabilele secundare, schema de comutaţie va fi combinaţională.

Exemplul 1.2. Să se determine simbolul de marcare al blocului comparator a două numere binare formate din doi biţi, ştiind că ieşirea A are valoarea binară 1 pentru stările 4, 10, 11, 14, 15 şi 16 şi ieşirea B are valoarea binară 1 pentru stările 1,2,3,6,7, şi 13.

Forma operativă a simbolului de marcare rezultă imediat din enunţul problemei. Ea este

$$F(A, B) = D^{a_1a_0b_1b_0}_{(4,\ 10,\ 11,\ 14,\ 15,\ 16),\ (1,\ 2,\ 3,\ 6,\ 7,\ 13)}.$$

unde a_1, a_0, b_1 şi b_0 sînt variabilele de intrare ale schemei care corespund biţilor reprezentativi ai celor două numere binare comparate.

Forma neoperativă a simbolului de marcare se obţine scriind mai întîi şirul celor $2^{2^2} = 16$ biţi reprezentativi ai numărului de ordine N al funcţiei logice. Pentru aceasta, numărînd în octal în sensul crescător de la 0 la 17, se completează cu 1 sau 0 valorile binare ale biţilor. Se formează apoi grupe de cîte trei biţi în scopul uşurării convertirii numărului N din codul binar în cel octal.

Se obţine astfel

$$(N_A)_2 = 0.000.100.011.001.110,$$

$$(N_B)_2 = 0.111.001.100.010.000.$$

Convertirea în codul octal ne conduce la

$$N_A = 4.316 \quad \text{şi} \quad N_B = 71.420.$$

Forma neoperativă a simbolului de macare va fi deci

$$F(A, B) = D^{a_1a_0b_1b_0}_{4.316,\ 71420}.$$

Capitolul 2 PROPRIETĂȚILE RAPORTULUI DE STARE

O stare a unei scheme de comutaţie poate fi stabilă sau instabilă.

În cazul cînd valorile binare ale variabilelor de ieşire coincid cu valorile binare ale variabilelor secundare, starea schemei este stabilă, iar în caz contrar starea acesteia este instabilă. Raportul de stare (1.1) ne indică valorile binare ale acestor variabile. Astfel, el poate evidenţia dacă o stare a schemei de comutaţie este stabilă sau instabilă.

Mai mult, în cazul unei stări instabile, acest raport permite determinarea stării următoare de tranziţie. Noua stare corespunde punerii în concordanţă a valorilor binare a variabilelor de ieşire şi secundare.

Aceasta se realizează prin modificarea valorii binare a variabilelor secundare astfel încît ele să fie egale valoric cu variabilele de ieşire ce le coresund.

Pentru a distinge grupul variabilelor secundare de cele primare, variabilele secundare se scriu între paranteze. De asemenea, în cazul cînd grupul variabilelor de ieşire conţine variabile de ieşire care nu au asociate şi variabile secundare, se scrie între paranteze grupul variabilelor de ieşire ce au asociate şi variabile secundare. În acest fel este uşurată identificarea stărilor stabile şi instabile ale schemei, identificare care se face prin compararea valorilor binare cuprinse între cele două paranteze de la numitorul şi numărătorul raportului de stare.

Ştiind simbolul de marcare al unei scheme de comutaţie şi discriminînd care dintre variabilele de intrare sînt primare şi care sînt secundare, se poate uşor structura raportul de stare al schemei în forma indicată mai sus. Pentru uşurarea comparării valorilor binare care vor fi înscrise în cele două paranteze de la numitorul şi numărătorul raportului de stare, se scriu în aceeaşi ordine variabilele de ieşire şi cele secundare ataşate lor. De asemenea, de regulă,

Scanned with OKEN Scanner

se notează prin litere mari variabilele de ieşite şi prin aceleaşi litere, dar mici, variabilele secundare ataşate lor.

Folosind simbolul de marcare în asociaţie cu raportul de stare, se pot stabili secvenţele de lucru şi stările de blocare care corespund schemei de comutaţie marcate prin aceste simboluri.

Secvenţele de lucru ale unei scheme de comutaţie se iniţiază prin modificarea valorilor binare iniţiale ale variabilelor primare. Trecerea dintr-o stare stabilă într-o altă stare nu este posibilă decît prin modificarea valorii binare a cel puţin uneia dintre variabilele primare. Aceste variabile pot fi deci privite ca iniţiatoare de comenzi. Din succesiunea stărilor de tranziţie se determină secvenţele de lucru ale schemei de comutaţie.

Modul de stabilire a acestor secvenţe prin folosirea informaţiilor cuprinse de simbolul de marcare şi raportul de stare va fi arătat prin exemplul (2.1).

Amintim că succesiunea stărilor stabile sau instabile prin care trece o schemă de comutaţie secvenţială poartă denumirea de secvenţă.

Pentru a caracteriza complet o stare a schemei de comutaţie este necesară cunoaşterea numărului de stare aferent ei şi a valorilor binare corespunzătoare variabilelor de ieşire. Aceste informaţii sînt cuprinse de raportul de stare. Adesea însă ne mulţumim cu o caracterizare incompletă, indicînd starea schemei numai prin numărul de stare. În scopul unei simplificări a expunerii, în cele ce urmează vom folosi adesea această formă de exprimare simplificată.

Exemplul 2.1. Se cere stabilirea secvenţelor de lucru ale schemei de comutaţie marcată prin simbolul

$$F(T, S, D) = D^{Ptsd}_{63.146,\,21.643,\,51.523.}$$

Prin modul de notare al variabilelor, simbolul de marcare dat evidenţiază variabila primară P, variabilele secundare t, s şi d şi variabilele de ieşire T, S şi D.

Păstrînd ordinea variabilelor din indicele superior al simbolului de marcare, putem uşor structura următorul raport de stare:

$$\frac{P\,(tsd)}{TSD} = \frac{n}{TSD}.$$

Paranteza de la numitor nu mai este necesară în acest caz, întrucît toate variabilele de ieșire au asociate variabile secundare.

Se impune apoi găsirea formei operative a simbolului de marcare. În acest scop se convertesc în codul binar numerele de ordine ale schemei de comutație, obținîndu-se

$$(N_T)_2 = 110.011.001.100.110,$$
$$(N_S)_2 = 10.001.110.100.011,$$
$$(N_D)_2 = 101.001.101.010.011.$$

Numerele de stare aferente fiecărei variabile de ieșire coincid ca număr cu numerele de ordine ale biților „1", făcînd numărătoarea în codul octal de la dreapta la stînga în sensul descrescător, adică începînd cu numărul de stare maxim.

Numărul de stare de valoare maximă pentru n variabile de intrare este dat de $(2^n-1)_8$. În cazul nostru, $n=4$ și deci numărătoarea se va începe cu numărul $(16-1)_8 = 17$. Acest număr se poate găsi mai ușor prin convertirea în codul octal a numărului binar obținut prin înlocuirea tuturor variabilelor de intrare cu biți „1". Astfel, în cazul nostru avem $(1.111)_8 = 17$.

Procedînd în modul indicat mai sus, găsim următoarea formă operativă a simbolului de marcare:

$$F(T, S, D) = D^{Ptsd}_{\substack{(1,2,5,6,11,12,15,16),(2,6,7,10,12,16,17),\\(1,3,6,7,11,13,16,17).}}$$

Secvența de lucru a schemei, inițiată prin variabila primară P, rezultă ca succesiune a stărilor

$$\frac{0}{000} \xrightarrow{P=1} \frac{01}{010} \rightarrow \frac{12}{110} \xrightarrow{\tau} \frac{16}{111} \rightarrow \frac{17}{011} \rightarrow \frac{13}{001} \rightarrow \frac{11}{101} \rightarrow$$

$$\xrightarrow{\tau} \frac{15}{100} \rightarrow \frac{14}{000} \rightarrow 10 \rightarrow \ldots$$

Valorile binare care corespund stării inițiale a schemei de comutație, adică numărul de stare (0) rezultat din $P = t = s = d = 0$, rezultă

din simbolul de marcare. Acest simbol nu cuprinde numărul de stare (0), ceea ce semnifică $T = S = D = 0$.

Dacă $P = 1$, numărul de stare (0) trece în (10). Examinînd numerele de stare cuprinse de simbolul de marcare, constatăm că această stare corespunde următoarelor valori binare ale variabilelor de ieşire $T = D = 0$ şi $S = 1$. Rezultă deci că noua stare (10) este o stare instabilă, întrucît variabila secundară $s = 0$, deşi variabila de ieşire de care depinde, S, a luat valoarea binară 1. Practic, această stare ar putea corespunde situaţiei cînd bobina de excitaţie a unui releu S este străbătută de curent, dar contactele controlate de acest releu n-au avut încă timp să anclanşeze.

Evident, starea imediat următoarea corespunde punerii în concordanţă a valorilor binare ale variabilelor de ieşire din starea (10) cu variabilele secundare ataşate lor. Astfel, variabila secundară s devenind 1, schema trece într-o nouă stare, şi anume (12), care corespunde la $P = s = 1$ şi la $t = d = 0$, pentru care, după cum rezultă din simbolul de marcare, avem $T = S = 1$ şi $D = 0$. Această stare este de asemenea instabilă, ea trecînd, după timpul τ, în starea (16).

S-a considerat că variabila t este temporizată, căpătînd valoarea binară 1 cu întîrzierea τ. Prin modul de notare a acestei întîrzieri în schema secvenţei date mai sus, se precizează şi temporizările controlabile ce se manifestă în funcţionarea unei scheme secvenţiale asincrone. În acest fel se completează informaţiile asupra funcţionării schemei şi cu ultimele precizări necesare.

Procedînd în modul arătat mai sus, se stabilesc următoarele stări de tranziţie ale schemei, şi anume din starea (12) în stările (16), (17), (13), (11), (15), (14), (10), (12), (16),... Se constată astfel că schema secvenţei de lucru evidenţiază în cazul nostru particular o funcţionare ciclică. Schema se comportă deci ca un oscilator autonom atît timp, cît $P = 1$.

Dacă variabila primară P redevine 0 începînd cu starea (12), atunci secvenţa de lucru a schemei, dedusă la fel ca secvenţa anterioară, va fi

$$(12) \xrightarrow{P=0} \frac{2}{110} \xrightarrow{\tau} \frac{6}{111} \rightarrow \frac{7}{011} \rightarrow \frac{3}{001} \rightarrow \frac{1}{101} \xrightarrow{\tau}$$

$$\rightarrow \frac{5}{100} \rightarrow \frac{4}{000} \rightarrow (0).$$

Schema secvenței de lucru evidențiază în acest caz o funcționare necielică.

Exemplul 2.2. Se cere stabilirea secvențelor de lucru ale schemei de comutație, marcată prin simbolul

$$F(S, X, Y) = D^{Pxy}_{(3,6,7),(4,6,7),(4,5,7)}.$$

Din simbolul de marcare dat rezultă raportul de stare

$$\frac{P(xy)}{S(XY)} = \frac{n}{SXY}.$$

Secvențele de lucru ale schemei, inițiate prin variabila primară P, sînt date de schema

$$\begin{array}{l} \nearrow \dfrac{5}{100} \xrightarrow{P=0} \dfrac{1}{100} \to (0), \\ \dfrac{0}{000} \xrightarrow{P=1} \dfrac{4}{011} \longrightarrow \dfrac{7}{111} \xrightarrow{P=0} \dfrac{3}{100} \to (1) \to (0), \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \searrow (2) \to (0), \\ \qquad\qquad\qquad \searrow \dfrac{6}{110} \xrightarrow{P=0} \dfrac{2}{000} \to (0). \end{array}$$

Remarcăm mai întîi că în starea (4) devin 1 simultan două variabile de ieșire care au atașate variabile secundare, și anume $X = Y = 1$. De la această stare sînt posibile trei tranziții, în funcție de care dintre variabilele secundare ia mai întîi valoarea binară 1.

Practic, în cazul schemelor cu relee se poate ivi situația cînd contactele releului Y anclanșează înaintea contactelor releului X, schema trecînd în starea stabilă (5), situația inversă cînd schema trece în starea (6) și situația puțin probabilă cînd contactele ambelor relee anclanșează simultan, schema trecînd în starea stabilă (7). Rezultatul cursei semnalelor de ieșire depinde de hazard, fenomenul purtînd chiar denumirea de „hazard de curse". În cazul examinat mai sus, cursa se numește „critică", întrucît stările finale, stabile, diferă între ele.

Scanned with OKEN Scanner

În schema secvențelor redată mai sus mai remarcăm încă o situație, cînd are loc schimbarea simultană a valorii binare a două variabile de ieșire care au atașate variabile secundare. Astfel, dacă în starea (7) facem $P = 0$, are loc simultan $X = 0$ și $Y = 0$. Drept rezultat se va manifesta din nou fenomenul amintit mai sus. Întrucît însă starea finală (0) este aceeași indiferent de stările de tranziție prin care trece schema, cursa se numește „necritică".

În concluzie facem constatarea că prezența hazardului de curse este evidențiată de schema secvențelor de lucru ale unei scheme de comutație, în care stările schemei se exprimă cu ajutorul raportului de stare.

Acest tip de hazard apare întotdeauna cînd trecerea dintr-o stare instabilă într-o altă stare impune modificarea simultană a valorii binare a două sau a mai multor variabile secundare.

Exemplul 2.3. Se cere precizarea stărilor stabile ale schemei de comutație date prin simbolul

$$F(X, Y) = D^{abxy}_{(6,7,14,16,17),(2,3,6,7,10,11,12,13,15,17)}.$$

Plecînd de la aceste stări și folosind regula elaborată de Unger [97], să se precizeze dacă schema prezintă hazard esențial (de propagare sau hazard dinamic).

Din simbolul de marcare dat rezultă raportul de stare

$$\frac{ab(xy)}{XY} = \frac{n}{XY}.$$

Scriind raporturile de stare pentru toate cele $2^n = 16$ numere de stare posibile pentru $n = 4$ variabile de intrare, constatăm că identitatea valorilor binare a variabilelor de ieșire și a acelor secundare atașate lor este satisfăcută numai de stările (0), (4), (7), (11), (15), (16) și (17). Acestea vor fi stările stabile ale schemei de comutație. Restul celor $16 - 7 = 9$ stări ale schemei vor fi stări de tranziție instabile.

Dacă schema de comutație este electronică, se poate întîmpla ca timpii de propagare ai aceluiași semnal primar pe diferite trasee ale circuitului logic care elaborează semnalele secundare să fie dife-

riţi. Drept urmare a acestui fenomen, denumit „hazard de propagare", starea finală a unei scheme de comutaţie poate depinde de viteza de propagare a semnalelor primare.

Hazardul de propagare nu se manifestă în circuitele cu relee, în care timpii de propagare sînt întotdeauna neglijabili în raport cu timpii de basculare ai releelor. În schimb, în cazul acestor circuite se manifestă un alt tip de hazard, denumit „hazard dinamic". El este cauzat de vibrarea contactelor care face ca o variabilă primară să-şi schimbe în primul moment valoarea, apoi să revină la valoarea iniţială etc. şi abia după o serie de vibraţii de acest fel să capete definitiv valoarea finală impusă din exterior.

După cum se arată în lucrarea [72, p. 369] şi [102], Unger a stabilit o regulă (criteriu) de evidenţiere a hazardului de propagare, denumit de el şi „hazard esenţial". Noi considerăm că această regulă este valabilă şi pentru evidenţierea hazardului dinamic, avînd în vedere conţinutul ei.

Potrivit criteriului lui Unger, o schemă de comutaţie prezintă hazard de propagare dacă trei schimbări consecutive ale aceleiaşi variabile primare nu conduc schema la aceeaşi stare ca o schimbare unică a acestei variabile.

În practică este necesar să evidenţiem prezenţa hazardului de propagare sau dinamic numai pentru secvenţele de lucru impuse, adică pentru variaţiile variabilelor primare impuse de specificaţiile de lucru ale schemei.

În cazul exemplului nostru, vom verifica existenţa hazardului de propagare sau dinamic pentru toate secvenţele posibile care pot fi iniţiate prin schimbarea valorii binare a unei singure variabile binare, plecînd de la cele şapte stări stabile ale schemei date. Se obţin astfel secvenţele

$$1)\quad \frac{0}{00} \xrightarrow{a=1} \frac{10}{01} \to \frac{11}{01} \xrightarrow{a=0} \frac{1}{00} \to (0) \xrightarrow{a=1} (10),$$

$$2)\quad (0) \xrightarrow{b=1} \frac{4}{00} \xrightarrow{b=0} (0) \xrightarrow{b=1} (4),$$

$$3)\quad (4) \xrightarrow{a=1} \frac{14}{10} \to \frac{16}{10} \xrightarrow{a=0} \frac{6}{11} \to \frac{7}{11} \xrightarrow{a=1} \frac{17}{11} \xrightarrow{a=0} (7) \xrightarrow{a=1} (17),$$

4) $(7) \xrightarrow{b=0} \frac{3}{01} \to (1) \to (0) \xrightarrow{b=1} (4) \xrightarrow{b=0} (0),$

5) $(11) \xrightarrow{a=0} (1) \to (0) \xrightarrow{a=1} (10) \to (11) \xrightarrow{a=0} (1) \to (0),$

6) $(11) \xrightarrow{b=1} \frac{15}{01} \xrightarrow{b=0} (11) \xrightarrow{b=1} (15),$

7) $(15) \xrightarrow{a=0} \frac{5}{00} \to (4) \xrightarrow{a=1} (14) \to (16) \xrightarrow{a=0} (6) \to (7),$

8) $(15) \xrightarrow{b=0} (11) \xrightarrow{b=1} (15) \xrightarrow{b=0} (11),$

9) $(16) \xrightarrow{b=0} \frac{12}{01} \begin{matrix} \nearrow (10) \\ \searrow (13) \end{matrix},$

10) $(17) \xrightarrow{a=0} (7) \xrightarrow{a=1} (17) \xrightarrow{a=0} (7),$

11) $(17) \xrightarrow{b=0} \frac{13}{01} \to (11) \xrightarrow{b=1} (15) \xrightarrow{b=0} (11).$

Remarcăm prezența hazardului de propagare (în schema electronică) sau dinamic (în schema electronică sau cu relee) care apare în secvențele 3) și 7).

În cazul secvenței 3), plecînd din starea (4) și efectuînd o singură schimbare a variabilei primare ($a = 1$), schema ajunge în starea stabilă (16), iar după trei schimbări succesive ale acestei variabile se ajunge în starea stabilă (17).

În cazul secvenței 7), plecînd din starea (15) și efectuînd o singură schimbare a variabilei primare ($a = 0$), schema ajunge în starea stabilă (4), iar după trei schimbări succesive ale acestei

Scanned with OKEN Scanner

variabile se ajunge în starea (7). Secvenţa 9) prezintă hazard static.

Făcînd bilanţul proprietăţilor raportului de stare, putem afirma că el poate servi pentru descrierea stărilor unei scheme de comutaţie, precizînd care dintre acestea sînt stabile şi care sînt tranzitorii, adică instabile. Cu ajutorul lui se pot determina posibilităţile de tranziţie dintr-o stare în alta.

De asemenea, raportul de stare oferă posibilitatea ca în asociaţie cu simbolul de marcare să se stabilească secvenţele de lucru ale unei scheme secvenţiale de comutaţie. Aceste secvenţe evidenţiază prin rapoartele stărilor funcţionarea ciclică sau neciclică a schemei, prezenţa hazardului de curse şi tipul lui, a hazardului de propagare şi a celui dinamic.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 3 PROPRIETĂȚILE SIMBOLULUI DE MARCARE

În afară de faptul că simbolul de marcare exprimă în formă concentrată proprietăți ale unei scheme de comutație, el poate fi tratat și ca operator de calcul.

În cele ce urmează ne vom ocupa de acele proprietăți de operator ale simbolului de marcare care se dovedesc utile în analiza și sinteza schemelor de comutație. Astfel, alături de alte proprietăți, simbolul de marcare permite aplicarea legilor algebrei booleene pentru cazul cînd locul variabilelor binare este luat de conjuncții ale unor astfel de variabile.

3.1. DISJUNCȚIA LOGICĂ

Fie o schemă de comutație ale cărei m variabile de ieșire depind toate de cele n variabile de intrare. Aceste dependențe sînt date obișnuit sub forma tabelei de adevăr. Ele definesc o anume funcție logică, exprimată printr-o anumită formulă a algebrei booleene.

Folosirea formulei de interpolare a lui Lagrange permite ca direct din tabela de adevăr să obținem două forme algebrice de exprimare a conținutului acesteia. Prima formă a funcției logice, numită și „formă canonică disjunctivă", se obține prin scrierea disjuncției tuturor conjuncțiilor variabilelor de intrare, directe sau negate, ale căror combinații corespund valorii binare 1 a variabilei de ieșire:

$$F(X) = \bigcup_{p=1}^{j} \left(\prod_{k=1}^{n} x_k^{i_k} \right)_p . \tag{3.1}$$

Fiecare dintre cele n variabile de intrare care intră în conjuncțiile acestei forme canonice se scrie nenegată dacă valoarea binară

cu care intră în combinație este 1 și negată dacă această valoare binară este 0. Acest lucru se obține cu formula (3.1) dacă pentru $i_k = 1$ se ia $x_k^{i_k} = x_k$ și dacă pentru $i_k = 0$ se ia $x_k^{i_k} = \bar{x}_k$.

A doua formă a funcției logice, numită „formă canonică conjunctivă", se obține prin scrierea conjuncției tuturor disjuncțiilor variabilelor de intrare directe sau negate ale căror combinații corespund valorii binare 0 a variabilelor de ieșire:

$$F(X) = \prod_{p=1}^{j} \left(\bigcup_{k=1}^{n} x_k^{i_k} \right)_p . \tag{3.2}$$

Fiecare dintre cele n variabile de intrare care intră în disjuncțiile acestei forme canonice se scrie nenegată dacă valoarea binară cu care intră în combinație este 0 și negată dacă această valoare binară este 1. Acest lucru se obține cu formula (3.2), făcînd convenția inversă celei anterioare, adică pentru $i_k = 1$ luăm $x_k^{i_k} = \bar{x}_k$ și pentru $i_k = 0$ luăm $x_k^{i_k} = x_k$.

Rezultă deci că în cazul formei canonice conjunctive vor trebui considerate numerele de stare care se găsesc prin negarea logică a biților reprezentativi dați de tabela de adevăr, care reprezintă deci numerele de stare în codul binar invers. Aceste numere de stare sînt negatele logice ale celor ce intervin în forma canonică disjunctivă a funcției logice.

Facem convenția ca formula (3.1) să fie exprimată de simbolul de marcare, adică

$$\bigcup_{p=1}^{j} \left(\prod_{k=1}^{n} x_k^{i_k} \right)_p = D_{(n_1, n_2, \ldots n_j)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} . \tag{3.3}$$

Forma canonică conjunctivă a unei funcții logice (3.2) se poate de asemenea reprezenta prin simbolul

$$\prod_{p=i}^{s} \left(\bigcup_{k=1}^{n} x_k^{i_k} \right)_p = C_{(\bar{n}_i, \bar{n}_k, \ldots \bar{n}_s)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} . \tag{3.4}$$

Formulele (3.1)—(3.4) reprezentînd diferitele forme ale aceleiași funcții logice, vom mai putea scrie

$$D_{(n_1, n_2, \ldots n_j)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} = C_{(\bar{n}_i, \bar{n}_k, \ldots \bar{n}_s)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} . \tag{3.5}$$

Scanned with OKEN Scanner

Trebuie să remarcăm că formula (3.5) este valabilă numai dacă numerele de stare pentru simbolul D se determină pentru valorile binare 1 ale variabilei de ieșire, iar numerele de stare pentru simbolul C se determină pentru valorile binare 0 ale acestei variabile, adică mulțimile :

$$(n_1, n_2, \ldots, n_j) \quad \text{și} \quad (n_i, n_h, \ldots, n_s), \quad \text{sînt disjuncte}$$

În aplicațiile practice, pentru a obține o tratare mai unitară a problemelor, vom folosi, de regulă, numai simbolul D.

Întotdeauna cînd nu vom specifica în cadrul acestei lucrări simbolul, vom subînțelege că este vorba de simbolul de marcare D.

Întrucît pentru cazul particular cînd $j = 1$ formula (3.3) se scrie

$$F_1(X) = \prod_{k=1}^{n} x_k^{i_k} = D_{(n_1)}^{x_1 x_2 \ldots x_n}, \tag{3.6}$$

convenția de definiție a simbolului de marcare se mai poate pune sub forma

$$F(X) = \bigcup_{p=1}^{j} D_{(n_p)}^{x_1 x_2 \ldots x_n}, \tag{3.7}$$

unde n_p reprezintă numerele de stare care corespund unor valori binare 1 sau indiferente ale variabilei de ieșire, iar $D_{(n_p)}^{x_1 x_2 \ldots x_n}$ conjuncția variabilelor de intrare directe sau negate în corespondență cu specificația numărului de stare n_p. Potrivit acestei specificații, variabilele de intrare cu valoarea 1 în combinația respectivă apar în conjuncție în forma directă (nenegată), iar cele cu valoarea 0 apar în conjuncție sub forma negată.

Exemplul 3.1. Ne propunem ca, folosind simbolurile de marcare deduse în exemplul 1.1, să găsim cele două forme canonice ale funcției logice $F(X)$. Presupunem că schema de comutație care corespunde acestui simbol are precizate stările indiferente prin valoarea binară „0".

Scanned with OKEN Scanner

Avînd în vedere considerațiile de mai sus, putem scrie imediat forma canonică disjunctivă a funcției logice :

$$F(X) = D^{x_0x_1x_2x_3}_{(1,2,7,11,12,15,16,17)} =$$

$$= \bar{x}_0\bar{x}_1\bar{x}_2x_3 \cup \bar{x}_0\bar{x}_1x_2\bar{x}_3 \cup \bar{x}_0x_1x_2x_3 \cup x_0\bar{x}_1\bar{x}_2x_3 \cup$$

$$\cup x_0\bar{x}_1x_2\bar{x}_3 \cup x_0x_1\bar{x}_2x_3 \cup x_0x_1x_2\bar{x}_3 \cup x_0x_1x_2x_3 .$$

Folosind convenția de definiție pentru forma canonică conjunctivă a funcției logice, obținem

$$F(X) = C^{x_0x_1x_2x_3}_{(\overline{0},\overline{3},\overline{4},\overline{5},\overline{6},\overline{10},\overline{13},\overline{14})} = C^{x_0x_1x_2x_3}_{(3,4,7,11,12,13,14,17)} =$$

$$= (\bar{x}_0 \cup \bar{x}_1 \cup x_2 \cup x_3)(\bar{x}_0 \cup x_1 \cup \bar{x}_2 \cup \bar{x}_3) \times$$

$$\times (\bar{x}_0 \cup x_1 \cup x_2 \cup x_3)(x_0 \cup \bar{x}_1 \cup \bar{x}_2 \cup x_3) \times$$

$$\times (x_0 \cup \bar{x}_1 \cup x_2 \cup \bar{x}_3)(x_0 \cup \bar{x}_1 \cup x_2 \cup x_3) \times$$

$$\times (x_0 \cup x_1 \cup \bar{x}_2 \cup \bar{x}_3)(x_0 \cup x_1 \cup x_2 \cup x_3).$$

Se poate arăta prin transformări că această formulă este identică ca valoare logică cu cea obținută pentru forma canonică disjunctivă.

Remarcăm că prin folosirea simbolului de marcare se poate deduce funcția logică la fel ca prin folosirea tabelei de adevăr.

Avînd în vedere convențiile simbolului de marcare și proprietatea de asociativitate a disjuncției logice, putem scrie

$$D^{x_1x_2\ldots x_n}_{(n_1,n_2,\ldots n_k)} = D^{x_1x_2\ldots x_n}_{(n_1,\ldots n_j)} \cup \ldots \cup D^{x_1x_2\ldots x_n}_{(n_i,\ldots,n_k)}. \quad (3.8)$$

Rezultă deci că un simbol de marcare se poate exprima prin disjuncția mai multor simboluri de marcare, conținînd fiecare unul sau mai multe dintre numerele de stare care caracterizează acest simbol. Unele dintre aceste simboluri se pot repeta și de asemenea se pot repeta unele numere de stare care intervin în aceste simboluri. Aceasta este o consecință a legii de idempotență din algebra booleeană, care în formă simbolică se scrie

$$D^{x_1x_2\ldots x_n}_{(n_i,\ldots n_i)} = D^{x_1x_2\ldots x_n}_{(n_i)}. \quad (3.9)$$

Scanned with OKEN Scanner

Din formulele (3.8) și (3.9) mai rezultă că, dacă drept rezultat al disjuncției mai multor simboluri de marcare în simbolul de marcare rezultant apar numere de stare multiple (cu aceeași valoare), atunci în acest simbol rămîne cîte un singur reprezentant pentru fiecare grup comun.

În fine, legea absorbției din algebra booleeană se traduce în cazul utilizării simbolului de marcare prin următoarea formulă:

$$D_{(n_i)}^{x_1 x_2 \dots x_n} \cup D_{(n_i, n_k)}^{y_1 x_1 x_2 \dots x_n} \cup D_{(n_i, n_j)}^{y_2 x_1 x_2 \dots x_n} \cup \dots$$

$$\dots \cup D_{(n_i, n_f)}^{y_k x_1 x_2 \dots x_n} = D_{(n_i)}^{x_1 x_2 \dots x_n}. \tag{3.10}$$

Remarcăm că formula (3.10) nu este unica formă în care se traduce simbolic legea absorbției din algebra booleeană. Astfel se pot ivi cazuri cînd variabila absorbită y_k poate avea și alt loc în șirul variabilelor din indicele superior al simbolului de marcare, acest indice poate conține mai multe variabile de felul lui y_k și de asemenea astfel de variabile pot reprezenta, la rîndul lor, funcții logice oarecare. În aceste cazuri este însă posibil întotdeauna ca prin transformări (substituții) să aducem simbolurile de marcare la formele cuprinse de formula (3.10).

Alte legi ale algebrei booleene referitoare numai la disjuncție, cum ar fi legile lui 1 și 0, nu evidențiază proprietăți deosebite în forma simbolică, cînd locul variabilelor binare este luat de funcții logice exprimate prin simboluri de marcare.

În cazul cînd locul simbolului D este luat de simbolul C, formulele (3.6)— (3.10) se scriu

$$F_1(X) = \bigcup_{k=1}^{n} x_k^{i_k} = C_{(\overline{n}_1)}^{x_1 x_2 \dots x_n}, \tag{3.11}$$

$$F(X) = \prod_{p=i}^{s} C_{(\overline{n}_i)}^{x_1 x_2 \dots x_n}, \tag{3.12}$$

$$C_{(\overline{n}_i, \dots \overline{n}_s)}^{x_1 x_2 \dots x_n} = C_{(\overline{n}_i, \dots \overline{n}_j)}^{x_1 x_2 \dots x_n} \dots C_{(\overline{n}_h, \dots \overline{n}_s)}^{x_1 x_2 \dots x_n}, \tag{3.13}$$

$$C^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(\overline{n}_i, \ldots \overline{n}_i)} = C^{x_1 x_1 \ldots x_n}_{(\overline{n}_i)}, \tag{3.14}$$

$$C^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(\overline{n}_i)} \cdot C^{y_1 x_1 x_2 \ldots x_n}_{(\overline{n}_i, n_k)} \cdot C^{y_2 x_1 x_2 \ldots x_n}_{(\overline{n}_i, n_j)} \ldots$$

$$\ldots C^{y_k x_1 x_2 \ldots x_n}_{(\overline{n}_i, n_r)} = C^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(\overline{n}_i)}. \tag{3.15}$$

Exemplul 3.2. Să se verifice valabilitatea formulelor (3.7)—(3.10), pentru cazul unor funcții logice de două variabile binare.

Pentru a verifica valabilitatea formulei (3.7), să considerăm funcția logică definită prin simbolul de marcare

$$F(X) = D^{x_0 x_1}_{(0, 2)}.$$

Evident, vom avea

$$D^{x_0 x_1}_{(0, 2)} = \bar{x}_0 \bar{x}_1 \cup x_0 \bar{x}_1 = D^{x_0 x_1}_{(0)} \cup D^{x_0 x_1}_{(2)}.$$

Pentru a verifica valabilitatea formulelor (3.8) și (3.9), să considerăm funcția logică definită prin

$$F(Y) = D^{x_0 x_1}_{(0, 1, 3)} \cup D^{x_0 x_1}_{(0, 3)}.$$

Exprimînd separat fiecare simbol prin funcțiile logice pe care le definește și efectuînd reducerile posibile prin aplicarea legilor algebrei booleene, obținem

$$F(Y) = (\bar{x}_0 \bar{x}_1 \cup \bar{x}_0 x_1 \cup x_0 x_1) \cup (\bar{x}_0 \bar{x}_1 \cup x_0 x_1) =$$

$$= \bar{x}_0 \bar{x}_1 \cup \bar{x}_0 x_1 \cup x_0 x_1 = D^{x_0 x_1}_{(0, 1, 3)}.$$

Rezultatul obținut verifică formula (3.8) și el s-a obținut și prin aplicarea formulei (3.9).

Scanned with OKEN Scanner

În fine, pentru a verifica valabilitatea formulei (3.10), să considerăm funcția logică definită prin

$$F(Z) = D_{(2)}^{x_0 x_1} \cup D_{(2,\,6)}^{y_0 x_0 x_1} \cup D_{(2)}^{y_1 x_0 x_1}.$$

Explicitînd termenii acestei expresii logice și efectuînd reducerile posibile prin aplicarea legilor algebrei boleene, obținem

$$F(Z) = x_0\bar{x}_1 \cup \bar{y}_0 x_0 \bar{x}_1 \cup \bar{y}_1 x_0 \bar{x}_1 \cup y_0 x_0 \bar{x}_1 = x_0\bar{x}_1(1 \cup \bar{y}_0 \cup \bar{y}_1) =$$

$$= x_0\bar{x}_1 = D_{(2)}^{x_0 x_1},$$

care verifică relația (3.10).

3.2. CONJUNCȚIA LOGICĂ

Să considerăm conjuncțiile logice care corespund la două numere de stare diferite. În acest caz, cel puțin o variabilă apare în forma directă într-una din conjuncții și în forma negată în cealaltă, astfel încît produsul lor logic (conjuncția), ca urmare a legii contradicției, rezultă nul, adică

$$D_{(a)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} \cdot D_{(b)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} = 0, \tag{3.16}$$

dacă $a \neq b$.

Dacă $a = b$, ca urmare a legii idempotenței, avem

$$D_{(a)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} \cdot D_{(b)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} = D_{(a)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} = D_{(b)}^{x_1 x_2 \ldots x_n}. \tag{3.17}$$

Efectuînd conjuncția logică a unor simboluri de marcare cu același indice superior și conținînd fiecare mai multe numere de stare, simbolul rezultant va conține numai numerele de stare comune simbolurilor care intră în conjuncție. Această concluzie este o consecință directă a relațiilor (3.16) și (3.17).

Scanned with OKEN Scanner

Într-adevăr, avem

$$D_{(a,\,b)}^{x_1x_2\ldots x_n}\cdot D_{(a)}^{x_1x_2\ldots x_n}=\left[D_{(a)}^{x_1x_2\ldots x_n}\cup D_{(b)}^{x_1x_2\ldots x_n}\right]\cdot D_{(a)}^{x_1x_2\ldots x_n}=$$

$$=D_{(a)}^{x_1x_2\ldots x_n}\cdot D_{(b)}^{x_1x_2\ldots x_n}\cup D_{(a)}^{x_1x_2\ldots x_n}\cdot D_{(a)}^{x_1x_2\ldots x_n}=$$

$$=D_{(a)}^{x_1x_2\ldots x_n}. \tag{3.18}$$

Din relaţia (3.18) mai rezultă şi concluzia că un simbol de marcare nu se schimbă dacă-l înmulţim logic cu acelaşi simbol, conţinînd însă numere de stare adăugate arbitrar.

Proprietăţile conjuncţiei simbolurilor de marcare se dovedesc utile în transformarea schemelor cu contacte aşa cum se va vedea în capitolul 9.

Exemplul 3.3. Să se verifice valabilitatea formulelor (3.16)—(3.18) pentru cazul unor funcţii logice de două variabile binare.

Pentru a verifica valabilitatea formulelor (3.16) şi (3.17), vom calcula valoarea următoarelor conjuncţii logice:

$$D_{(1)}^{x_0x_1}\cdot D_{(3)}^{x_0x_1}=(\bar{x}_0x_1)\,(x_0x_1)=0,$$

$$D_{(2)}^{x_0x_1}\cdot D_{(2)}^{x_0x_1}=(x_0\bar{x}_1)\,(x_0\bar{x}_1)=x_0\bar{x}_1.$$

Valabilitatea unor relaţii de tipul (3.18) se poate verifica, de exemplu, considerînd conjuncţia logică

$$D_{(0,\,1)}^{abc}\cdot D_{(1,\,3,\,5)}^{abc}=(\bar{a}\bar{b}\bar{c}\cup\bar{a}\bar{b}c)\,(\bar{a}\bar{b}c\cup\bar{a}bc\cup a\bar{b}c)=\bar{a}\bar{b}c=D_{(1)}^{abc}.$$

Scanned with OKEN Scanner

3.3. NEGAȚIA LOGICĂ

Ne propunem să găsim numerele de stare care corespund complementului unui simbol de marcare dat. În acest scop să considerăm conjuncția logică a unui simbol de marcare și a complementului lui :

$$D_N^{x_1 x_2 \dots x_n} \cdot \overline{D}_N^{x_1 x_2 \dots x_n} = 0. \tag{3.19}$$

Potrivit legii contradicției, valoarea acestei conjuncții trebuie să fie nulă. Să notăm

$$\overline{D}_N^{x_1 x_2 \dots x_n} = D_{N'}^{x_1 x_2 \dots x_n}, \tag{3.20}$$

în care caz relația (3.19) devine

$$D_N^{x_1 x_2 \dots x_n} \cdot D_{N'}^{x_1 x_2 \dots x_n} = 0. \tag{3.21}$$

Potrivit relației (3.16), egalitatea (3.21) este adevărată dacă numerele de ordine N și N' nu au nici un număr de stare comun. Relația (3.16) este sigur satisfăcută dacă N' cuprinde toate numerele de stare posibile necuprinse de N. Aceste numere de stare corespund biților 1 ai numărului N, exprimat în codul binar invers, adică lui $\overline{N}$, deci

$$N' = \overline{N}, \tag{3.22}$$

sau, aplicînd legea dublei negații, mai putem scrie

$$N = \overline{N}'. \tag{3.23}$$

Trecerea de la codul binar la codul binar invers se face negînd logic toți biții reprezentativi ai numărului exprimat în codul binar. În cazul nostru, trecerea la codul binar invers semnifică luarea în considerație a combinațiilor variabilelor de intrare care corespund valorii binare 0 a variabilei de ieșire.

Scanned with OKEN Scanner

Relația (3.21) este satisfăcută și dacă N' cuprinde numai o parte dintre numerele de stare posibile necuprinse de N. În acest caz însă nu mai este satisfăcută relația (3.23), astfel încît nu putem lua în considerare această situație posibilă.

Folosind relația (3.22), relația (3.20) devine

$$\overline{D}_N^{x_1 x_2 \ldots x_n} = D_{\overline{N}}^{x_1 x_2 \ldots x_n}. \tag{3.24}$$

Aplicînd legea dublei negații, mai putem scrie

$$D_N^{x_1 x_2 \ldots x_n} = \overline{D}_{\overline{N}}^{x_1 x_2 \ldots x_n}. \tag{3.25}$$

Relațiile (3.24) și (3.25) exprimă proprietatea de complementaritate a simbolului de marcare. Remarcăm că aceste relații s-ar fi putut demonstra și plecînd de la legea terțiului exclus.

Potrivit proprietății de complementaritate a simbolului de marcare, formula logică care corespunde unei scheme de comutație se poate deduce luînd în considerare fie valorile binare 1 ale variabilei de ieșire, fie valorile binare 0 ale acesteia și negînd logic rezultatul obținut. Această concluzie, cunoscută în literatura de specialitate [56, p. 51], își găsește o justificare matematică prin considerațiile de mai sus.

Facem observația

$$(\overline{N}) \neq (\overline{n}_1, \overline{n}_2, \ldots, \overline{n}_k), \tag{3.26}$$

întrucît printre numerele de stare negate se pot găsi unele care să nu corespundă valorii binare 0 a variabilei de ieșire, așa cum cere definiția lui $\overline{N}$.

Exemplul 3.4. Să se verifice valabilitatea proprietății de complementaritate a simbolului de marcare pentru cazul funcției logice date prin

$$F(X) = D_1^{x_0 x_1}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Numărul de ordine $N = 1$ se exprimă în codul binar astfel:

$$N = 0.001$$

şi în codul binar invers prin

$$\overline{N} = \bar{0}.\bar{0}\bar{0}\bar{1} = 1.110.$$

Rezultă deci

$$\overline{N} = 16.$$

Formele operative ale numerelor de ordine N şi $\overline{N}$, care evidenţiază numerele de stare aferente lor, se găsesc folosind regulile expuse la exemplul 3.1. Acestea sînt

$$(N) = (3) \quad \text{şi} \quad (\overline{N}) = (0, 1, 2).$$

Astfel vom avea

$$\overline{D}_1^{x_0x_1} = \overline{D}_{(3)}^{x_0x_1} = \bar{x}_0\bar{x}_1 = \bar{x}_0 \cup \bar{x}_1,$$

$$D_{16}^{x_0x_1} = D_{(0,1,2)}^{x_0x_1} = \overline{x_0x_1} \cup \bar{x}_0x_1 \cup x_0\bar{x}_1 = \bar{x}_0 \cup \bar{x}_1,$$

$$D_1^{x_0x_1} = D_{(3)}^{x_0x_1} = x_0x_1,$$

$$\overline{D}_{16}^{x_0x_1} = \overline{D}_{(0,1,2)}^{x_0x_1} = \overline{\bar{x}_0 \cup \bar{x}_1} = x_0x_1.$$

Valabilitatea relaţiilor (3.24) şi (3.25) care exprimă proprietatea de complementaritate a simbolului de marcare, se verifică astfel prin egalităţile deduse din relaţiile de mai sus:

$$\overline{D}_1^{x_0x_1} = D_{16}^{x_0x_1} = D_{\bar{1}}^{x_0x_1},$$

$$D_1^{x_0x_1} = \overline{D}_{16}^{x_0x_1} = \overline{D}_{\bar{1}}^{x_0x_1}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Facem observația

$$(\overline{N}) = (0, 1, 2) \neq (\overline{3}) = (0)$$

și

$$\overline{(\overline{N})} = (3) \neq (\overline{0}, \overline{1}, \overline{2}) = (3, 2, 1).$$

Parantezele folosite în acest exemplu specifică forma operativă a numerelor de ordine.

Negarea logică a simbolului de marcare exprimă de fapt teoremele lui De Morgan.

Potrivit acestor teoreme, negarea logică a unei disjuncții de variabile binare este echivalentă cu conjuncția acestor variabile negate și negarea logică a unei conjuncții de variabile binare este echivalentă cu disjuncția acestor variabile negate.

În formă generală, ele se exprimă prin formulele

$$\overline{\bigcup_{k=1}^{n} x_k} = \prod_{k=1}^{n} \overline{x}_k \tag{3.27}$$

și

$$\overline{\prod_{k=1}^{n} x_k} = \bigcup_{k=1}^{n} \overline{x}_k. \tag{3.28}$$

Simbolul de marcare D (relația (1.3)) înlocuiește în fapt operatorul de disjuncție logică $\bigcup_{k=1}^{n}$, iar simbolul de marcare C (relația 3.4) înlocuiește operatorul generic de conjuncție logică $\prod_{k=1}^{n}$ pentru cazul cînd locul variabilelor x_k este luat de conjuncțiile, respectiv disjuncțiile variabilelor de intrare ale schemei de comutație corespunzînd combinațiilor pentru care variabila de ieșire are valoarea binară 1 sau 0.

Dacă mai avem în vedere faptul că negarea valorilor binare ale variabilelor de intrare care intră într-o combinație este echi-

valentă cu negarea numărului de stare aferent acestei combinații, adică cu numărul exprimat în codul binar invers, putem scrie

$$\overline{D}^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(n_1, n_2, \ldots, n_k)} = C^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(\overline{n}_1, \overline{n}_2, \ldots, \overline{n}_k)} \tag{3.29}$$

și

$$\overline{C}^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(n_1, n_2, \ldots, n_k)} = D^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(\overline{n}_1, \overline{n}_2, \ldots, \overline{n}_k)}. \tag{3.30}$$

Rezultă deci că formulele (3.29) și (3.30) exprimă teoremele lui De Morgan (3.27) și (3.28) pentru cazul cînd locul variabilelor x_k este luat de disjuncții sau conjuncții de mai multe variabile.

Remarcăm că simbolurile C și D din formulele (3.29) și (3.30) se referă la aceleași numere de stare. Aceasta implică luarea în considerare fie a valorii 1 a variabilei de ieșire, fie a valorii 0 a acesteia. Notațiile din formulele (3.29) și (3.30) se referă la valorile 1 ale variabilei de ieșire.

Folosind notațiile pentru valorile 0 ale variabilei de ieșire, vom putea scrie de asemenea

$$\overline{D}^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(n_i, \ldots, n_s)} = C^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(\overline{n}_i, \ldots, \overline{n}_s)}. \tag{3.31}$$

și

$$\overline{C}^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(n_i, \ldots, n_s)} = D^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(\overline{n}_i, \ldots, \overline{n}_s)}. \tag{3.32}$$

Comparînd formula (3.31) cu formula (3.5), putem scrie

$$\overline{D}^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(n_i, n_h, \ldots, n_s)} = D^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(n_1, n_2, \ldots, n_j)}. \tag{3.33}$$

Avînd în vedere formula (3.24), mai rezultă o relație evidentă

$$(n_i, \ldots, n_s) = (n_1, \ldots, n_j), \tag{3.34}$$

potrivit căreia rezultă că prin luarea în considerare a valorii 0 a variabilei de ieșire se găsesc numerele de stare $(n_i, \ldots, n_j)$.

Exemplul 3.5. Să se verifice valabilitatea formulelor (3.29) și (3.30) pentru funcția logică dată de simbolul

$$F(X) = D^{x_1x_2x_3}_{(0,\,5,\,7)}.$$

Explicitînd simbolul dat și aplicînd teoremele lui De Morgan (3.27) și (3.28), obținem

$$F(X) = \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 \cup x_1\bar{x}_2x_3 \cup x_1x_2x_3,$$

$$\overline{F}(X) = \overline{(\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3)}\ \overline{(x_1\bar{x}_2x_3)}\ \overline{(x_1x_2x_3)} =$$

$$= (x_1 \cup x_2 \cup x_3)(\bar{x}_1 \cup x_2 \cup \bar{x}_3)(\bar{x}_1 \cup \bar{x}_2 \cup \bar{x}_3) =$$

$$= C^{x_1x_2x_3}_{(7,\,2,\,0)} = C^{x_1x_2x_3}_{(\bar{0},\,\bar{5},\,\bar{7})}.$$

Rezultatul obținut corespunde formulei (3.29).

De asemenea avem

$$\overline{C}^{x_1x_2x_3}_{(\bar{0},\,\bar{5},\,\bar{7})} = \overline{(x_1 \cup x_2 \cup x_3)(\bar{x}_1 \cup x_2 \cup \bar{x}_3)(\bar{x}_1 \cup \bar{x}_2 \cup \bar{x}_3)} =$$

$$= \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 \cup x_1\bar{x}_2x_3 \cup x_1x_2x_3 = D^{x_1x_2x_3}_{(0,\,5,\,7)} = D^{x_1x_2x_3}_{(\bar{\bar{0}},\,\bar{\bar{5}},\,\bar{\bar{7}})}.$$

Rezultatul obținut corespunde formulei (3.30).

Prin aplicarea legii dublei negații formulelor (3.29) și (3.30) se mai obține

$$D^{x_1x_2\ldots x_n}_{(n_1,\ldots n_k)} = \overline{C}^{x_1x_2\ldots x_n}_{(\overline{n}_1,\ldots \overline{n}_k)} \tag{3.35}$$

și

$$C^{x_1x_2\ldots x_n}_{(n_1,\ldots n_k)} = \overline{D}^{x_1x_2\ldots x_n}_{(\overline{n}_1,\ldots \overline{n}_k)}. \tag{3.36}$$

Scanned with OKEN Scanner

Bazaţi pe legea idempotenţei, putem exprima disjuncţia a două simboluri de marcare C printr-o formulă similară formulei (3.17):

$$C_{(a)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} \cup C_{(b)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} = C_{(a)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} = C_{(b)}^{x_1 x_2 \ldots x_n}. \qquad (3.37)$$

pentru cazul cînd $a=b$.

Dacă însă $a \neq b$, atunci, folosindu-ne de relaţia (3.36) şi de teoremele lui De Morgan, putem scrie

$$C_{(n_1, \ldots n_j)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} \cup C_{(n_i, \ldots n_k)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} = \overline{D}_{(\overline{n}_1, \ldots \overline{n}_j)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} \cup \overline{D}_{(\overline{n}_i, \ldots \overline{n}_k)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} =$$

$$= \overline{D_{(\overline{n}_1, \ldots \overline{n}_j)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} \cdot D_{(\overline{n}_i, \ldots \overline{n}_j)}^{x_1 x_2 \ldots x_n}}. \qquad (3.38)$$

O formulă similară se poate stabili pentru cazul disjuncţiei unor simboluri D şi C. Astfel putem scrie

$$C_{(n_1, \ldots n_j)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} \cup D_{(n_i, \ldots n_k)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} = \overline{D}_{(\overline{n}_1, \ldots \overline{n}_j)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} \cup D_{(n_i, \ldots n_k)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} =$$

$$= D_{(\overline{n}_1, \ldots \overline{n}_j)}^{\overline{x_1 x_2 \ldots x_n}} \cup D_{(n_i, \ldots n_k)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} = D_{[(\overline{n}_1, \ldots \overline{n}_j), (n_i, \ldots n_k)]}^{\overline{x_1 x_2 \ldots x_n}}. \qquad (3.39)$$

De asemenea, pentru conjuncţia unor astfel de simboluri obţinem

$$C_{(n_1, \ldots, n_j)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} \cdot D_{(n_i, \ldots, n_k)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} = \overline{D}_{(\overline{n}_1, \ldots, \overline{n}_j)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} \cdot D_{(n_i, \ldots, n_k)}^{x_1 x_2 \ldots x_n} =$$

$$= D_{(\overline{n}_1, \ldots, \overline{n}_j)}^{\overline{x_1 x_2 \ldots x_n}} \cdot D_{(n_i, \ldots, n_k)}^{x_1 x_2 \ldots x_n}. \qquad (3.40)$$

Exemplul 3.6. Să se verifice valabilitatea relaţiilor (3.38)—(3.40) pentru cazul unor funcţii de trei variabile binare.

Pentru a verifica valabilitatea relației (3.38) vom calcula expresia

$$C^{x_1x_2x_3}_{(0,5,7)} \cup C^{x_1x_2x_3}_{(1,5,2)} = \overline{\overline{(\bar{x}_1 \cup \bar{x}_2 \cup \bar{x}_3)(x_1 \cup \bar{x}_2 \cup x_3)(x_1 \cup x_2 \cup x_3)} \cup \overline{(\bar{x}_1 \cup \bar{x}_2 \cup x_3)(x_1 \cup \bar{x}_2 \cup x_3)(\bar{x}_1 \cup x_2 \cup \bar{x}_3)}} =$$

$$= \overline{(x_1x_2x_3 \cup \bar{x}_1x_2\bar{x}_3 \cup \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3)(x_1x_2\bar{x}_3 \cup \bar{x}_1x_2\bar{x}_3 \cup x_1\bar{x}_2x_3)} =$$

$$= \overline{\bar{x}_1x_2\bar{x}_3} = \overline{D}^{x_1x_2x_3}_{(2)}.$$

Mult mai expeditiv putem obține același rezultat calculînd expresia cu ajutorul formulei (3.38):

$$\overline{D^{x_1x_2x_3}_{(0,5,7)} \cdot D^{x_1x_2x_3}_{(1,5,2)}} = \overline{D^{x_1x_2x_3}_{(7,2,0)} \cdot D^{x_1x_2x_3}_{(6,2,5)}} =$$

$$= \overline{D}^{x_1x_2x_3}_{(2)} = \overline{D}^{x_1x_2x_3}_{\overline{40}} = D^{x_1x_2x_3}_{\overline{40}} = D^{x_1x_2x_3}_{(0,1,3,4,5,6,7)}.$$

Pentru a verifica valabilitatea relației (3.39) vom calcula expresia

$$C^{x_1x_2x_3}_{(0,5,7)} \cup D^{x_1x_2x_2}_{(1,5,2)} = (\bar{x}_1 \cup \bar{x}_2 \cup \bar{x}_3)(x_1 \cup \bar{x}_2 \cup x_3).$$

$$(x_1 \cup x_2 \cup x_3) \cup \bar{x}_1\bar{x}_2x_3 \cup x_1\bar{x}_2x_3 \cup \bar{x}_1x_2\bar{x}_3 = \overline{D}^{x_1x_2x_3}_{(0,7)}.$$

Mult mai expeditiv putem obține același rezultat calculînd expresia cu ajutorul formulei (3.39)

$$D^{x_1x_2x_3}_{[(0,5,7),(1,5,2)]} = D^{x_1x_2x_3}_{[(7,2,0),(1,5,2)]} = D^{x_1x_2x_3}_{[(1,3,4,5,6),(1,5,2)]} =$$

$$= D^{x_1x_2x_3}_{(1,2,3,4,5,6)} = \overline{D}^{x_1x_2x_3}_{\overline{(1,2,3,4,5,6)}} = \overline{D}^{x_1x_2x_3}_{(0,7)}.$$

Pentru a verifica valabilitatea relaţiei (3.40) vom calcula expresia

$$C^{x_1x_2x_3}_{(0,5,7)} \cdot D^{x_1x_2x_3}_{(1,5,2)} = (\bar{x}_1 \cup \bar{x}_2 \cup \bar{x}_3)(x_1 \cup \bar{x}_2 \cup x_3).$$

$$(x_1 \cup x_2 \cup x_3)(\bar{x}_1\bar{x}_2x_3 \cup x_1\bar{x}_2x_3 \cup \bar{x}_1x_2\bar{x}_3) =$$

$$= \bar{x}_1\bar{x}_2x_3 \cup x_1\bar{x}_2x_3 = D^{x_1x_2x_3}_{(1,5)}.$$

Mult mai expeditiv putem obţine acelaşi rezultat calculînd expresia cu ajutorul formulei (3.40):

$$D^{x_1x_2x_3}_{\overline{(0,5,7)}} \cdot D^{x_1x_2x_3}_{(1,5,2)} = D^{x_1x_2x_3}_{\overline{(7,2,0)}} \cdot D^{x_1x_2x_3}_{(1,5,2)} =$$

$$= D^{x_1x_2x_3}_{(1,3,4,5,6)} \cdot D^{x_1x_2x_3}_{(1,5,2)} = D^{x_1x_2x_3}_{(1,5)}.$$

3.4. PERMUTABILITATEA INDICILOR

Indicele superior al simbolului de marcare poate fi supus la $n!$ permutări. În corespondenţă cu acestea se va modifica şi indicele inferior al simbolului.

Prin modificarea corespunzătoare a celor doi indici, expresia logică a schemei de comutaţie nu se va modifica, întrucît o expresie logică nu poate depinde de modul de ordonare a variabilelor binare de care depinde.

Rezultă deci că pe calea permutărilor corespunzătoare efectuate în cei doi indici ai simbolului de marcare se pot găsi scheme de comutaţie echivalente cu funcţii care să corespundă la simboluri de marcare diferite între ele numai ca urmare a modificării ordinii de scriere a variabilelor de intrare din indicele superior al acestora.

Scanned with OKEN Scanner

Exemplul 3.7. Să se găsească cele $n!$ $(n = 3)$ simboluri de marcare care corespund funcţiei logice date prin formula

$$F(A) = \bar{a}bc \cup a\bar{b}\bar{c}.$$

Primul simbol de marcare, care corespunde ordinii normale de scriere a variabilelor de intrare, este

$$F(A) = D^{abc}_{(3,4)} = D^{abc}_{30}.$$

Modificînd biţii reprezentativi ai numerelor de stare

$$(3)_2 = 011 \quad \text{şi} \quad (4)_2 = 100$$

în corespondenţă cu şirurile permutate ale variabilelor de intrare a, b şi c, se obţin restul celorlalte cinci simboluri de marcare care corespund aceleiaşi formule logice:

$$F(A) = D^{cab}_{(5,2)} = D^{cab}_{44} = c\bar{a}b \cup \bar{c}a\bar{b},$$

$$F(A) = D^{bca}_{(6,1)} = D^{bca}_{102} = bc\bar{a} \cup \bar{b}\bar{c}a,$$

$$F(A) = D^{acb}_{(3,4)} = D^{acb}_{30} = \bar{a}cb \cup a\bar{c}\bar{b},$$

$$F(A) = D^{cba}_{(6,1)} = D^{cba}_{102} = cb\bar{a} \cup \bar{c}\bar{b}a,$$

$$F(A) = D^{bac}_{(5,2)} = D^{bac}_{44} = b\bar{a}c \cup \bar{b}a\bar{c}.$$

Dacă însă permutăm numai variabilele din indicele superior al simbolului de marcare, lăsînd nepermutaţi biţii reprezentativi ai numerelor de stare din indicele inferior al acestuia sau procedăm invers, se vor obţine expresii logice diferite care corespund la scheme de comutaţie diferite.

Concluzia de mai sus apare evidentă dacă avem în vedere că, de fapt, permutarea efectuată cu variabilele din indicele su-

Scanned with OKEN Scanner

perior al simbolului de marcare sau cu biţii reprezentativi ai numerelor de stare din indicele inferior al acestuia este echivalentă cu o schimbare corespunzătoare de variabile în expresia logică exprimată prin acest simbol.

Expresia logică permutată se va obţine prin schimbarea variabilelor pe care le conţine după legea permutării efectuate fie în indicele superior, fie în cel inferior al simbolului de marcare.

Se pot stabili următoarele reguli de permutare:

1) în cazul permutării numai a variabilelor din indicele superior al simbolului de marcare, expresia logică corespunzătoare noului simbol se obţine prin permutarea după aceeaşi lege a variabilelor conţinute de expresia logică exprimată de simbolul iniţial;

2) în cazul permutării numai a biţilor reprezentativi ai numerelor de stare din indicele inferior al simbolului de marcare, expresia logică corespunzătoare noului simbol se obţine permutînd variabilele expresiei logice exprimate de simbolul iniţial după legea permutării inverse celei a biţilor numerelor de stare.

Ultima regulă se explică astfel: se presupune că iniţial am permutat ambii indici ai simbolului, expresia logică exprimată de acesta rămînînd neschimbată. Revenirea la vechiul indice superior se va face, evident, printr-o pemutare inversă.

Permutarea nesimultană a indicilor din simbolul de marcare oferă deci posibilitatea de a găsi simboluri de marcare noi pentru funcţii logice ce se pot obţine prin permutări.

Exemplul 3.8. Să se găsească simbolurile de marcare şi expresiile logice posibil de obţinut prin permutarea indicilor simbolului

$$F(Z) = D_{42}^{xyz} = y\bar{z}.$$

Se determină mai întîi forma operativă a indicelui inferior din simbolul de marcare. Pentru aceasta convertim în codul binar numărul de ordine N, care prin definiţie este dat în codul octal

$$(104)_2 = 01.000.100.$$

Biţii 1 corespund deci numerelor de stare (5) şi (1), astfel încît putem scrie

$$F(Z) = D_{(1,5)}^{xyz}.$$

Întrucît

$$n! = 3! = 6,$$

trebuie să existe încă cinci funcții logice și, corespunzătoare lor, cinci simboluri de marcare, care se pot obține prin permutarea fie a indicelui superior, fie a biților reprezentativi ai numerelor de stare.

Prin permutări efectuate numai în indicele superior al simbolului de marcare și folosind regula 1) expusă mai sus, obținem

$$F_1(Z) = D_{104}^{zxy} = x\bar{y},$$

$$F_2(Z) = D_{104}^{yzx} = z\bar{x},$$

$$F_3(Z) = D_{104}^{xzy} = z\bar{y},$$

$$F_4(Z) = D_{104}^{zyx} = y\bar{x},$$

$$F_5(Z) = D_{104}^{yxz} = x\bar{z}.$$

Aceleași funcții logice se obțin prin permutări efectuate numai în indicele inferior al simbolului, folosind regula 2) dată mai sus :

$$D_{(1,\,3)}^{xyz} = D_{120}^{xyz} = z\bar{x} = F_2(Z),$$

$$D_{(4,\,5)}^{xyz} = D_{14}^{xyz} = x\bar{y} = F_1(Z),$$

$$D_{(1,\,5)}^{xyz} = D_{104}^{xyz} = z\bar{y} = F_3(Z),$$

$$D_{(2,\,3)}^{xyz} = D_{60}^{xyz} = y\bar{x} = F_4(Z),$$

$$D_{(4,\,6)}^{xyz} = D_{12}^{xyz} = x\bar{z} = F_5(Z).$$

Scanned with OKEN Scanner

3.5. SCOATEREA ÎN FACTOR

Analiza tabelei de adevăr sau a numerelor binare corespunzătoare combinaţiilor variabilelor de intrare care definesc o schemă de comutaţie ne poate sugera ideea scoaterii în factor a unor variabile ce intră în indicele superior al simbolului de marcare. Aceasta devine posibil atunci cînd un grup sau toate numerele de stare din simbol au comună valoarea binară 1 sau 0 pentru una sau pentru mai multe variabile de intrare.

Micşorarea numărului de variabile din indicele superior al simbolului de marcare uşurează mult sinteza expresiei logice minimale aferente tabelei de adevăr sau simbolului de marcare respectiv.

Fie, de exemplu, o schemă de comutaţie definită prin simbolul de marcare scris în forma sa operativă dezvoltată dată de formula (3.7).

Presupunem că tabela de adevăr după care s-a stabilit acest simbol conţine în coloanele $x_1, x_2, \ldots, x_j$ numai valori 0, care sînt astfel comune tuturor numerelor de stare. Se presupune că liniile tabelei de adevăr sînt numerotate în ordinea crescătoare a numerelor de stare sau, dacă funcţia logică este definită printr-un număr mai mic de numere de stare decît cel maxim posibil, acestea sînt considerate pe linii în ordinea lor crescătoare.

În ipoteza făcută, disjuncţia logică considerată admite ca factor comun conjuncţia variabilelor comune cu valoarea negată, astfel încît putem scrie

$$D^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(n_1, \ldots, n_k)} = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \ldots \bar{x}_j D^{x_{j+1} x_{j+2} \ldots x_n}_{(n_1, \ldots, n_k)} . \tag{3.41}$$

În acest caz, numerele de stare nu s-au modificat prin scoaterea lor ca factor, întrucît biţii 1 ai acestora se refereau numai la variabilele ne scoase ca factor.

Dacă valoarea binară 1 este comună variabilelor $x_{j+1}, x_{j+2}, \ldots, x_n$, un raţionament analog celui de mai sus ne conduce la formula

$$D^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(n_1, \ldots, n_k)} = x_{j+1} x_{j+2} \ldots x_n D^{x_1 x_2 \ldots x_j}_{(n'_1, \ldots, n'_k)} . \tag{3.42}$$

În acest caz, variabilele scoase în factor au valoarea nenegată, iar numerele de stare s-au modificat prin scoaterea lor în factor întrucît biţii 1 ai acestora se refereau şi la variabilele scoase în factor.

Scanned with OKEN Scanner

Formulele (3.41) și (3.42) se pot aplica și simultan aceluiași simbol de marcare, prin aceasta putîndu-se scoate factor valorile comune 1 și 0 ale unui grup sau a tuturor numerelor de stare.

Exemplul 3.9. Să se descompună simbolul de marcare

$$F(X) = D^{x_0x_1x_2x_3}_{(4,5,7,10,11,13,16,17)}$$

în doi termeni care să permită scoaterea în factor a unui număr maxim de variabile.

Pentru ușurarea selectării variabilelor ce vor intra în cei doi termeni este utilă reprezentarea unei coloane care să conțină numerele de stare ce definesc simbolul de marcare în ordinea lor crescătoare și în codul binar (extras din tabelă de adevăr).

În cazul nostru, folosind numai indicele inferior al simbolului de marcare dat, putem forma următoarea coloană:

0.100
0.101
0.111
1.000
1.001
1.011
1.110
1.111

Examinarea acestei coloane evidențiază posibilitatea optimă de a forma un termen din primele trei numere de stare (linii ale coloanei), care admit ca factor comun conjuncția $\bar{x}_0x_1$, și alt termen, conținînd restul numerelor de stare, care admite ca factor comun numai variabila x_0. Se obține astfel

$$F(X) = \bar{x}_0x_1D^{x_2x_3}_{(0,1,3)} \cup x_0D^{x_1x_2x_3}_{(0,1,3,6,7)}.$$

Noile numere de stare rezultă direct din coloana pe care am folosit-o pentru scoaterea în factor.

În formă neoperativă, transformarea efectuată se scrie astfel:

$$D^{x_0x_1x_2x_3}_{6.723} = \bar{x}_0x_1D^{x_2x_3}_{15} \cup x_0D^{x_1x_2x_3}_{323}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 4 GRAFUL ASOCIAT UNUI SIMBOL DE MARCARE

Informaţiile cuprinse de un simbol de marcare pot fi redate sub forma unui graf. Graful asociat unui simbol de marcare evidenţiază grupările de numere de stare adiacente cuprinse de simbol, grupări care permit în final explicitarea simbolului de marcare printr-o expresie logică minimală.

Referindu-ne la reprezentarea numerelor de stare în codul binar, două astfel de numere se numesc adiacente dacă ele nu diferă decît prin biţii reprezentativi ai unui singur rang. Pentru un număr reprezentat în codul binar prin n biţi, sînt deci posibile n adiacenţe.

Întrucît numerele de stare sînt scrise în codul octal, se poate uşor deduce că două astfel de numere sînt adiacente dacă diferenţa dintre numărul reprezentat în codul binar prin k biţi 1 şi cel reprezentat prin $k-1$ biţi 1 este 1,2,4,10,20,40,100, 200, 400, 1000,...etc. Aceste numere, numite „diferenţe de adiacenţă", sînt egale cu valoarea în codul octal a bitului reprezentativ al unui număr dat în codul binar, număr ce conţine un singur bit 1.

Exemplul 4.1. Să se scrie o succesiune de şase numere adiacente reprezentate în codul binar şi în cel octal.

Vom lua ca exemplu numere cu şase biţi reprezentativi în codul binar. Potrivit definiţiei adiacenţei, fiecare număr diferă de numerele vecine din şir prin valoarea binară a unui singur bit. Astfel, în codul binar putem scrie următorul şir de numere adiacente :

000.000,010.000,011.000,011.001,011.011,011.111.

În codul octal, aceste numere se scriu astfel :

0,20,30,31,33,37.

Observăm că diferențele de adiacență corespund respectiv la

$$20,10,1,2,4.$$

Putem acum defini graful aferent unui simbol de marcare. Pentru un simbol de marcare ce conține n variabile de intrare se trasează $n+1$ nivele orizontale (fig. 4.1).

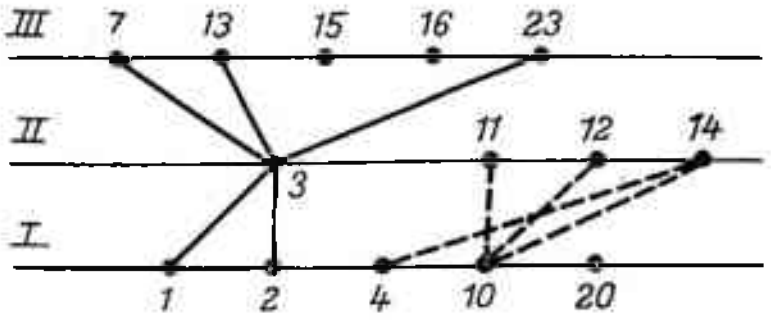


Fig. 4.1. — Exemplu de reprezentare a nodurilor și ramurilor unui graf.

Ele corespund la numere de stare care conțin $0,1,2,\ldots,n$, biți 1.

Pe fiecare nivel se vor reprezenta numerele de stare ce au același număr de biți 1. Aceste puncte reprezintă nodurile grafului. Lîngă fiecare nod al grafului se notează numărul de stare aferent lui.

Pentru identificarea mai ușoară a numerelor de stare ce trebuie reprezentate pe aceste nivele mai ales atunci cînd încă nu este formată o rutină în acest sens, se poate atașa o coloană tabelei de adevăr, ca în tabela 1.1., în care se trece numărul de biți 1 ai fiecărui număr de stare.

Prin modul de reprezentare adoptat, nodurile adiacente, corespunzătoare numerelor de stare adiacente, se vor găsi printre nodurile situate pe nivele vecine.

Spre exemplu, nodul (3) din figura 4.1., reprezentat pe nivelul II, corespunzător celor doi biți 1 pe care-i conține numărul de stare $(3)_2=11$, va fi vecin cu nodurile adiacente (7), (13) și (23), situate pe nivelul III, care corespunde celor trei biți „1" conținuți de numerele de stare $(7)_2=111$, $(13)_2=1.011$ și $(23)_2=10.011$ și cu nodurile adiacente (2) și (1), situate pe nivelul I, care corespunde unicului bit 1 reprezentativ al numerelor de stare $(2)_2=10$ și $(1)_2=1$.

Scanned with OKEN Scanner

Pe nivelul I se mai găsesc însă şi nodurile (4), (10), (20),... care nu sînt adiacente cu nodul (3), întrucît ele nu satisfac definiţia de adiacenţă, şi anume

$$(3) - (4) = -1,\ (3) - (10) = -7,\ (3) - (20) = -13,\ldots.\ \text{etc.}$$

Aceste noduri vor fi însă adiacente cu alte noduri situate pe nivelul II, de exemplu (4) cu (14), (10) cu (11), cu (12) cu (14) etc.

Dreapta care uneşte două noduri adiacente reprezintă o ramură a grafului.

Fiecare ramură a grafului se caracterizează prin variabila care dispare prin disjuncţia conjuncţiilor reprezentate de nodurile unite. Această variabilă corespunde cu poziţia bitului 1 reprezentativ al numărului diferenţă de adiacenţă (exprimat în codul octal) dintre numerele de stare aferente nodurilor unite.

Spre exemplu, ramura grafului care uneşte nodurile (17) şi (15) este caracterizată prin variabila x_2 din şirul $x_0x_1x_2x_3$, care reprezintă indicele superior al simbolului de marcare, variabilă ce dispare prin disjuncţia conjuncţiilor reprezentate de nodurile unite.

Într-adevăr, în acest caz avem

$$x_0x_1x_2x_3 \cup x_0x_1\bar{x}_2x_3 = x_0x_1x_3(x_2 \cup \bar{x}_2) = x_0x_1x_3.$$

În cazul examinat, locul variabilei dispărute prin disjuncţie în şirul variabilelor de intrare din indicele superior al simbolului de marcare corespunde cu bitul 1 reprezentativ al numărului 2 exprimat în codul octal, numărul 2 fiind egal cu numărul diferenţă de adiacenţă dintre numerele de stare (17) şi (15).

Prin disjuncţia a două combinaţii adiacente de variabile se modifică şi simbolul de marcare. Astfel, din indicele superior al simbolului de marcare dispare variabila care caracterizează ramura respectivă a grafului, iar în indicele inferior, scris în formă operativă, locul celor două numere de stare adiacente este luat de un singur număr de stare. Acesta se poate găsi uşor scriind în codul binar unul dintre cele două numere de stare unite de ramura grafului şi tăind (prin subliniere) bitul reprezentativ care corespunde variabilei dispărute din indicele superior al simbolului de marcare, adică variabilei dispărute prin disjuncţie.

Scanned with OKEN Scanner

Exemplul 4.2. Să se construiască graful aferent simbolului de marcare

$$F(C) = D^{x_0x_1x_2x_3}_{(0,10,13,17)}$$

şi să se găsească forma modificată a simbolului ca urmare a adiacenţelor posibile între numerele de stare.

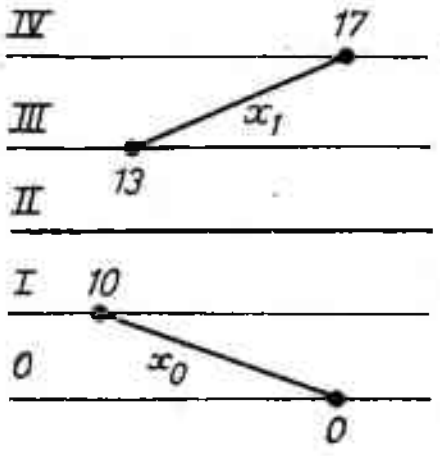


Fig. 4.2. — Graful aferent exemplului 4.2.

În graful redat în figura 4.2, prin cifre romane au fost notate nivelele care corespund cu numărul de biţi 1 ale nodurilor grafului.

Graful reprezentat în această figură evidenţiază două adiacenţe, şi anume

$$(17) - (13) = 4 \quad \text{şi} \quad (10) - (0) = 10.$$

Rezultă deci că variabilele care caracterizează cele două ramuri ale grafului vor corespunde respectiv bitului reprezentativ al numărului octal 4 şi al numărului octal 10, din şirul $x_0x_1x_2x_3$, adică respectiv variabilelor x_1 şi x_0 din acest şir. Acestea sînt variabilele care dispar prin disjuncţii.

Pentru a găsi numerele de stare care înlocuiesc în simbolul de marcare numerele de stare adiacente, scriem în codul binar cîte un singur reprezentant din aceste grupe, de exemplu

$$(17)_2 = 1.111 = 111 \quad \text{şi} : \quad (0)_2 = 0.000 = 000,$$

tăind biții corespunzători (cei subliniați mai sus) numerelor octale 4 și 10. Se găsesc astfel noile numere de stare:

$$(111)_8 = 7 \quad \text{și} \quad (000)_8 = 0.$$

Ele corespund într-adevăr combinațiilor $x_0x_2x_3$ și $\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3$, rămase în urma disjuncțiilor prin care se explicitează simbolul de marcare dat:

$$x_0x_1x_2x_3 \cup x_0\bar{x}_1x_2x_3 = x_0x_2x_3(x_1 \cup \bar{x}_1) = x_0x_2x_3,$$

$$x_0\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 \cup \bar{x}_0\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 = \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3\,(x_0 \cup \bar{x}_0) = \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3.$$

Prin folosirea formulei (3.7) se ajunge final la următoarele două simboluri de marcare prin care se explicitează simbolul dat:

$$F(C) = D^{x_0x_1x_2x_3}_{(13,17)} \cup D^{x_0x_1x_2x_3}_{(0,10)} = D^{x_0x_2x_3}_{(7)} \cup D^{x_1x_2x_3}_{(0)}.$$

În cazul mai multor adiacențe, ramurile grafului formează în plan contururi poligonale, care, privite spațial, apar ca poliedre. Printr-o amplasare corespunzătoare a nodurilor adiacente, graful apare sub forma unor figuri geometrice regulate.

Cel mai simplu contur poligonal dintr-un graf este un patrulater. Patrulaterul se va numi simetric dacă are laturile opuse caracterizate prin aceeași variabilă dispărută prin disjuncția nodurilor unite.

Cel mai simplu poliedru dintr-un graf este un hexaedru. Hexaedrul se va numi simetric dacă are drept fețe patrulatere simetrice. Se pot astfel defini poliedre simetrice cu mai mult de șase fețe.

Patrulaterele sau poliedrele simetrice reunesc grupări de cîte 2^k ($k = 1,2,3,\ldots$) noduri adiacente.

Vom numi „graf complet", graful care conține toate cele 2^n noduri corespunzătoare tuturor numerelor de stare posibile pentru cele n variabile de intrare.

În figură 4.3 s-au dat pentru exemplificare grafurile complete pentru una, două, trei patru și cinci variabile de intrare.

O funcție logică definită printr-un simbol de marcare care conține toate numerele de stare posibile pentru cele n variabile

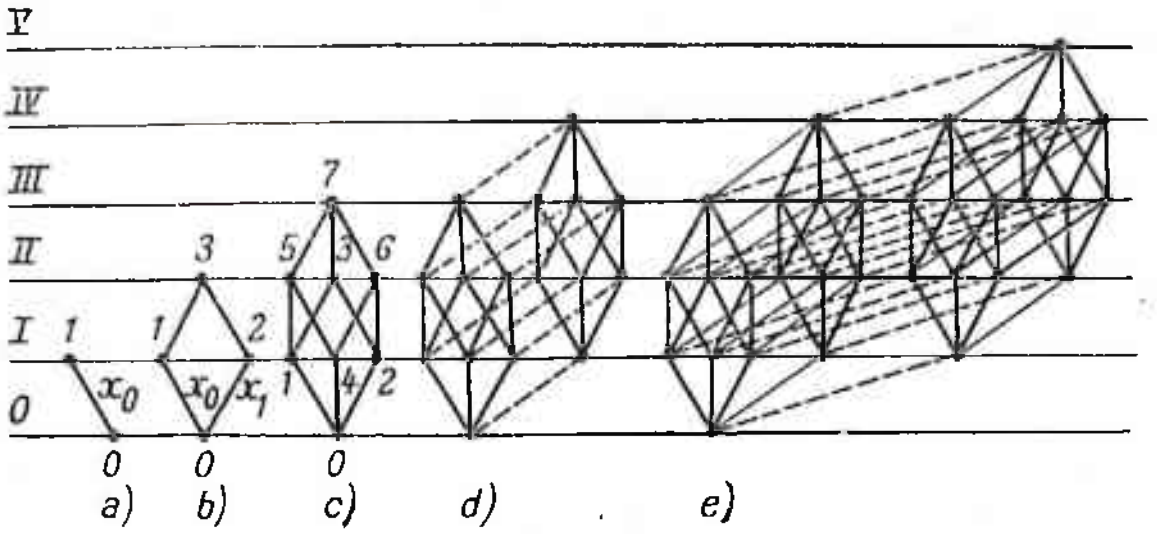


Fig. 4.3. — Grafuri complete de:
a) una *b*) două *c*) trei *d*) patru *e*) cinci variabile binare.

de intrare este reprezentată printr-un graf complet. Ea corespunde funcţiei logice „constanta 1", adică simbolului de marcare

$$D^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(2^{2^n}-1)_8} = 1. \tag{4.1}$$

Dacă graful complet se construieşte pentru valorile 0 ale variabilei de ieşire, atunci trebuie luate în considerare numerele de stare care corespund acestei valori a variabilei de ieşire, obţinîndu-se valoarea negată a funcţiei logice. În acest caz, avînd în vedere relaţia (3.24), putem scrie

$$\bar{D}^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{(2^{2^n}-1)_8} = D^{\overline{x_1 x_2 \ldots x_n}}_{(2^{2^n}-1)_8} = D^{x_1 x_2 \ldots x_n}_{0} = 0. \tag{4.2}$$

Rezultatul obţinut corespunde funcţiei logice „constanta 0".

Exemplul 4.3. Să se verifice valabilitatea relaţiilor (4.1) şi (4.2) pentru cazul unei funcţii logice de două variabile binare.

Relaţia (4.1) este verificată prin

$$D^{x_1x_2}_{(2^{2^2}-1)_8} D^{x_1x_2}_{17} = D^{x_1x_2}_{(0,1,2,3)} = \bar{x}_1\bar{x}_2 \cup \bar{x}_1x_2 \cup x_1\bar{x}_2 \cup x_1x_2 =$$

$$= \bar{x}_1(\bar{x}_2 \cup x_2) \cup x_1(\bar{x}_2 \cup x_2) = \bar{x}_1 \cup x_1 = 1,$$

iar relaţia (4.2) prin

$$D^{x_1x_2}_{\frac{}{(2^{2^2}-1)_8}} = D^{x_1x_2}_0 = 0.$$

Dacă dintre cele 2^{2^n} funcţii logice posibile pentru n variabile de intrare eliminăm funcţiile logice „constanta 0" şi „constanta 1", mai rămîn $(2^{2^n}-2)$ funcţii logice. Acestea vor fi reprezentate de „grafuri incomplete", adică de grafuri care nu conţin decît o parte a celor 2^{2^n} noduri posibile.

Un graf incomplet poate fi format din noduri singulare, grupări de 2,4,8,.... sau în general de 2^{2^k} $(k<n)$ noduri, ori de asociaţii de noduri singulare şi grupări de noduri adiacente între ele.

Fiecare nod singular sau grupare de noduri adiacente dintr-un graf incomplet reprezintă un termen al expresiei logice prin care se explicitează un simbol de marcare.

Adiacenţele posibile între nodurile grupate fac ca din indicele superior al simbolului de marcare, care corespunde unui termen al expresiei logice exprimate de acesta, să dispară variabilele care caracterizează ramurile grafului.

Modificarea indicelui inferior al acestui simbol se găseşte scriind în codul binar un reprezentant dintre nodurile grupate şi tăind (prin subliniere) biţii corespunzători poziţiilor variabilelor dispărute din indicele superior. Numărul de stare obţinut astfel înlocuieşte tot grupul numerelor de stare corespunzătoare nodurilor unite prin grupare.

Exemplul 4.4. Să se expliciteze simbolul de marcare

$$F(A) = D^{x_0x_1x_2x_3}_{(0,3,7,11,13,15,17)},$$

folosind graful incomplet aferent lui.

Scanned with OKEN Scanner

Prin gruparea nodurilor adiacente rezultă graful dat în figura 4.4. Configurația lui evidențiază existența a trei termeni, care în formă simbolică sînt descriși de formula

$$F(A) = D^{x_0x_1x_2x_3}_{(0)} \cup D^{x_0x_1x_2x_3}_{(11,13,15,17)} \cup D^{x_0x_1x_2x_3}_{(3,7,13,17)}.$$

Diferențele dintre numerele de stare adiacente

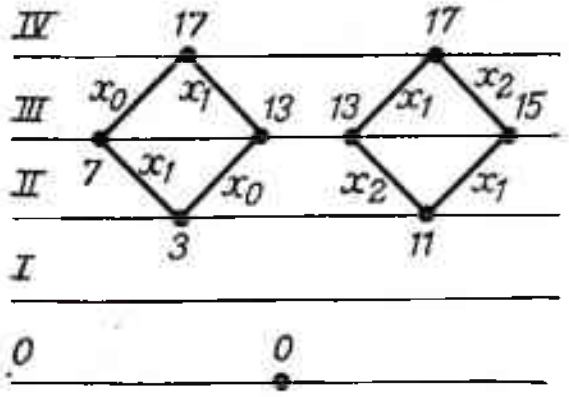


Fig. 4.4. — Graful incomplet aferent exemplului 4.4.

$$(15) - (11) = 4 \qquad (17) - (13) = 4$$

$$(7) - (3) = 4 \qquad \text{și} \qquad (17) - (7) = 10$$

$$(13) - (3) = 10 \qquad (13) - (11) = 2$$

$$(17) - (15) = 2$$

ne dau variabilele care caracterizează ramurile grafului.

Primul patrulater simetric din acest graf are laturile opuse (3,7) și (13,17), caracterizate prin variabila x_{i1}, și laturile opuse (3,13) și (7,17), caracterizate prin variabila x_0. Aceste variabile ocupă respectiv locurile biților 1 reprezentativi ai numerelor octale diferență de adiacență 4 și 10 în șirul variabilelor de intrare $x_0x_1x_2x_3$.

Al doilea patrulater simetric din acest graf are laturile opuse (11,13) și (15,17), caracterizate prin variabila x_2, și laturile opuse (11,15) și (13,17), caracterizate prin variabila x_1. Aceste variabile ocupă respectiv locurile biților 1 reprezentativi ai numerelor octale 2 și 4 în șirul variabilelor de intrare $x_0x_1x_2x_3$.

Scanned with OKEN Scanner

Considerăm drept reprezentanți ai celor două grupări ale grafului nodurile (7) și (11), ale căror numere de stare se scriu în codul binar astfel:

$$(7)_8 = (0.111)_2 = (11)_2 = (3)_8 \quad \text{și:} \quad (11)_8 = (1.001)_2 = (11)_2 = (3)_8.$$

Tăind biții corespunzători, respectiv, variabilelor x_1 și x_2, dispărute prin disjuncții pentru nodul (11) și cei corespunzători variabilelor x_0 și x_1 pentru nodul (7), anume biții subliniați mai sus, se obțin noile numere de stare ale termenilor (3) pentru ambii termeni. Astfel putem scrie

$$F(A) = D_{(0)}^{x_0x_1x_2x_3} \cup D_{(3)}^{x_0x_3} \cup D_{(3)}^{x_2x_3} =$$

$$= \bar{x}_0\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 \cup x_0x_3 \cup x_2x_3 = \bar{x}_0\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 \cup x_3(x_0 \cup x_2).$$

Prin modul de definire și de construcție a grafului asociat simbolului de marcare, acesta se pretează a fi folosit pentru minimizarea expresiilor booleene și, mai ales, ne oferă regulile după care se pot găsi grupele de adiacență necesare operațiilor de minimizare. Aceste reguli se vor expune în capitolul 6 al acestei lucrări.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 5 CLASIFICAREA FUNCȚIILOR LOGICE

Simbolul de marcare (1.2) încadrează toate funcțiile logice posibile pentru un număr dat al variabilelor de intrare. Numărul acestora pentru n variabile binare de intrare este dat de 2^{2^n} [82, p. 15].

După cum s-a arătat la paragraful 3.4, unei funcții logice date îi pot corespunde mai multe simboluri de marcare, care se pot găsi permutînd după aceeași lege indicele superior al simbolului și biții reprezentativi ai numerelor de stare.

Pentru a determina univoc o funcție logică, printr-un simbol de marcare unic, se impune deci un criteriu de selecție. În acest scop vom lua în considerare numărul de ordine de valoare minimă. Pentru a-l obține vom folosi regulile de permutare stabilite în paragraful 3.4. Astfel se găsește mai întîi numărul biților 1 conținuți de toate numerele de stare care definesc simbolul, corespunzătoare poziților fiecărei variabile din indicile superior. Ordonînd apoi aceste numere în ordinea crescătoare de la stînga spre dreapta se găsesc permutările ce trebuie efectuate în scopul obținerii unui număr de ordine minim. Se efectuează apoi aceste permutări după regulile amintite, găsindu-se astfel simbolul de marcare care corespunde unui număr de ordine minim.

Pentru determinarea univocă a unei funcții logice printr-un simbol de marcare se mai impune discriminarea funcțiilor logice reductibile la un număr de variabile mai mic decît cel conținut de indicele superior al simbolului.

Astfel, dacă toate numerele de stare care definesc simbolul de marcare formează o grupare de numere de stare adiacente între ele, grupare ce se poate reprezenta printr-un graf complet, funcția logică respectivă depinde de mai puține variabile de intrare decît cele conținute de indicele superior al simbolului. Noul simbol de marcare se deduce în acest caz după regulile stabilite în capitolul 4 sau, mai simplu, după cele ce se vor stabili în capitolul 6.

Scanned with OKEN Scanner

Considerațiile de mai sus ne permit să enunțăm următorul criteriu de clasificare a funcțiilor logice: o funcție logică de mai multe variabile binare este definită univoc printr-un simbol de marcare ireductibil ca număr de variabile și caracterizat prin numărul de ordine minim posibil. Vom denumi acest simbol „simbol de marcare tipic".

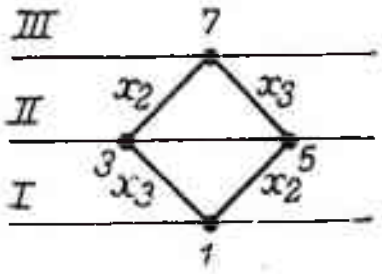


Fig. 5.1. — Graful complet aferent exemplului 5.1.

Acest criteriu de clasificare permite identificarea schemelor de comutație după simbolul de marcare tipic aferent lor. Astfel, referindu-ne la o schemă de comutație, este suficient să dăm numai simbolul de marcare tipic care o caracterizează complet, exceptînd doar temporizările programate ce se manifestă în funcționarea ei.

Exemplul 5.1. Să se determine simbolurile de marcare care caracterizează univoc funcțiile logice descrise de

$$F(X) = D^{x_1x_2x_3x_4}_{(1,\,3,\,5,\,7)} \quad \text{și:} \quad F(Y) = D^{x_1x_2x_3}_{(0,\,4,\,6)}.$$

Construind graful asociat simbolului de marcare al funcției logice $F(X)$, așa cum se vede în figura 5.1, se constată că toate numerele de stare care caracterizează acest simbol sînt cuprinse de un graf complet. Rezultă deci că funcția logică $F(X)$ este reductibilă.

Folosind regulile date în capitolul 4, găsim noul simbol de marcare

$$F(X) = D^{x_1x_4}_{(1)} = D^{x_1x_4}_{4}.$$

Numărul de ordine $N = 4$ obținut astfel nu este cel minim posibil, deci simbolul de marcare obținut nu este tipic.

Astfel, permutînd variabilele x_1 și x_4 între ele, noul număr de stare obținut prin permutarea

$$01 \rightarrow 10$$

este (2), rezultînd în acest caz simbolul tipic de marcare

$$D^{x_4x_1}_{(2)} = D^{x_4x_1}_{2}.$$

Cele două simboluri deduse descriu într-adevăr aceeaşi funcţie logică, întrucît

$$D_4^{x_1x_4} = \bar{x}_1x_4 \quad \text{şi} \quad D_2^{x_4x_1} = x_4\bar{x}_1.$$

Pentru construcţia unui graf complet este nevoie de un număr cu soţ de numere de stare, şi anume $2,4,8,\ldots,2^n$. Întrucît simbolul de marcare pentru funcţia logică $F(Y)$ conţine un număr de numere de stare fără soţ, această funcţie logică este ireductibilă, în sensul că nu dispar variabile.

Prin procedeul indicat în exemplul 1.1, se găseşte că

$$F(Y) = D_{2120}^{x_1x_2x_3}.$$

Pentru a obţine un număr de ordine N de valoare octală minimă se consideră următoarea ordine de scriere a variabilelor de intrare :

$$x_3x_2x_1,$$

această ordine se găseşte prin încercări.

Numerele de stare care corespund simbolului de marcare tipic se obţin deci prin permutările

$$000 \to 000, \qquad 100 \to 001 \qquad \text{şi} \qquad 110 \to 011.$$

Simbolul tipic de marcare al funcţiei logice $F(Y)$ va fi deci

$$F(Y) = D_{(0,\,1,\,3)}^{x_3x_2x_1} = D_{320}^{x_3x_2x_1}.$$

Cele două simboluri deduse pentru $F(Y)$ sînt echivalente, întrucît

$$D_{(0,\,4,\,6)}^{x_1x_2x_3} = \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 \cup x_1x_2\bar{x}_3 \cup x_1x_2\bar{x}_3$$

şi

$$D_{(0,\,1,\,3)}^{x_3x_2x_1} = \bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1 \cup \bar{x}_3\bar{x}_2x_1 \cup \bar{x}_3x_2x_1,$$

adică

$$D_{2120}^{x_1x_2x_3} = D_{320}^{x_3x_2x_1}.$$

Funcţiile logice de n variabile de intrare vor fi descrise de simbolurile de marcare cuprinse între

$$D_0^{x_1x_2\ldots x_n} \quad \text{şi} \quad D_{(2^{2^n}-1-1)_8}^{x_1x_2\ldots x_n}.$$

O parte dintre aceste funcţii logice sînt reductibile.

Dintre funcţiile logice ireductibile, funcţiile logice care au simboluri de marcare cuprinse între

$$D_{(2^{2^n}-1)_8}^{x_1x_2\ldots x_n} \quad \text{şi} \quad D_{(2^{2^n}-1)_8}^{x_1x_2x_3\ldots x_n}$$

reprezintă complementele funcţiilor logice cu simboluri de marcare cuprinse între

$$D_0^{x_1x_2\ldots x_n} \quad \text{şi} \quad D_{(2^{2^n}-1-1)_8}^{x_1x_2\ldots x_n}.$$

Această concluzie rezultă ca o consecinţă directă a proprietăţii de complementaritate a simbolului de marcare, proprietate exprimată prin formula (3.24).

Într-adevăr, dacă prima jumătate a funcţiilor logice posibile de n variabile de intrare cuprinde numerele de stare de la 0 la $(2^{2^n}-1-1)_8$, care reprezintă jumătate din totalul numerelor de stare posibile, prin negarea logică a acestora se obţine cealaltă jumătate a numerelor de stare, adică cele cuprinse între $(2^{2^n}-1)_8$ şi $(2^{2^n}-1-1)_8$. Dar prin această negare logică se obţin funcţiile logice care corespund numerelor de ordine negate, adică, potrivit formulei (3.24), complementelor primelor funcţii logice.

De asemenea, după cum s-a arătat în paragraful 3.4, există un număr de funcţii logice care pot fi obţinute prin permutări ale indicilor simbolurilor de marcare ale primei jumătăţi din numărul

de funcții posibile de n variabile. Pe calea permutării indicilor se pot găsi simboluri de marcare diferite ce corespund aceleiași funcții logice.

Funcțiile logice de numai o variabilă binară și cele de două variabile binare sînt considerate ca definitorii în algebra booleeană, adică ca funcții ce definesc opreațiile logice de bază în această algebră.

Considerațiile de mai sus permit selectarea acelor funcții logice de o variabilă binară și de două variabile binare care pot servi ca punct de plecare în deducerea tuturor funcțiilor logice caracteristice funcțiilor de o variabilă binară și de două variabile binare. Vom numi aceste funcții logice „esențiale". În literatura de specialitate, sub numele de „funcții logice esențiale" se cuprind cele patru funcții de o variabilă binară și 8 funcții de două variabile binare.

Avînd în vedere posibilitățile oferite de simbolul de marcare putem să ne limităm la numai două funcții de o variabilă binară și la numai 4 funcții de două variabile binare. Pentru o singură variabilă binară neexistînd posibilități de permutare sau de reducere, funcțiile logice esențiale vor corespunde numerelor de ordine cuprinse între

$$N = 0 \quad \text{și} \quad N = (2^{2^1} - 1 - 1)_8 = 1.$$

Acestea vor fi

$$D_0^{x_0} = 0 \qquad \text{(constanta 0)}$$

și

$$D_1^{x_0} = D_1^{x_0} = x_0 \qquad \text{(variabila binară)}.$$

Restul celorlalte funcții logice, care au numere de ordine cuprinse între $N = (2^{2^1} - 1)_8 = 2$ și $N = (2^{2^1} - 1)_8 = 3$, vor reprezenta complementele primelor funcții.

Într-adevăr, avem

$$D_2^{x_0} = \overline{D}_2^{x_0} = \overline{D}_1^{x_0} = \overline{x}_0 \qquad \text{(negația logică)}$$

și

$$D_3^{x_0} = \overline{D}_3^{x_0} = \overline{D}_0^{x_0} = 1 \qquad \text{(constanta 1)}.$$

Pentru două variabile binare, funcțiile logice esențiale se vor găsi printre funcțiile logice ale căror numere de ordine sînt cuprinse între

$$N = 0 \quad \text{și} \quad N = (2^{2^2} - 1 - 1)_8 = 7.$$

Dintre acestea, funcțiile logice exprimate prin simbolurile de marcare

$$D_0^{x_0 x_1} = 0,$$

$$D_3^{x_0 x_1} = D_{(2,\,3)}^{x_0 x_1} = D_{(1)}^{x_0} = x_0,$$

$$D_5^{x_0 x_1} = D_{(1,\,3)}^{x_0 x_1} = D_{(1)}^{x_1} = x_1,$$

sînt funcții logice reductibile la funcții de o singură variabilă binară.

De asemenea funcția logică corespunzătoare la $N = 4$ se poate obține prin permutarea variabilelor conținute de funcția logică pentru $N = 2$.

Într-adevăr,

$$D_4^{x_0 x_1} = D_{(1)}^{x_0 x_1} = \overline{x}_0 x_1$$

și

$$x_0 x_1 = D_{(2)}^{x_0 x_1} = D_2^{x_0 x_1}.$$

Rămîn deci ca funcții logice esențiale de două variabile binare funcțiile date de simbolurile de marcare:

$$D_1^{x_0 x_1} = D_{(3)}^{x_0 x_1} = x_0 x_1 \qquad \text{(conjuncția logică)},$$

$$D_2^{x_0x_1} = D_{(2)}^{x_0x_1} = x_0\bar{x}_1 \qquad \text{(interdicția logică),}$$

$$D_6^{x_0x_1} = D_{(1,\,2)}^{x_0x_1} = \bar{x}_0x_1 \cup x_0\bar{x}_1 \qquad \text{(suma modulo 2, numită și „sau exclusiv''),}$$

$$= x_0 \oplus x_1,$$

$$D_7^{x_0x_1} = D_{(1,\,2,\,3)}^{x_0x_1} = x_0 \cup x_1 \qquad \text{(disjuncția logică).}$$

Complementele funcțiilor logice esențiale vor fi date de

$$\bar{D}_1^{x_0x_1} = D_{\bar{1}}^{x_0x_1} = \bar{D}_{16}^{x_0x_1} = D_{(0,\,1,\,2)}^{x_0x_1} = \bar{x}_0 \cup \bar{x}_1 =$$

$$= \overline{x_0x_1} = x_0 \perp x_1 \qquad \text{(funcția lui Sheffer „numai''),}$$

$$\bar{D}_2^{x_0x_1} = D_{\bar{2}}^{x_0x_1} = D_{15}^{x_0x_1} = D_{(0,\,1,\,3)}^{x_0x_1} =$$

$$= \bar{x}_0 \cup x_1 = \overline{x_0\,\bar{x}_1} = x_0 \to x_1 \qquad \text{(implicația logică),}$$

$$\bar{D}_6^{x_0x_1} = D_{\bar{6}}^{x_0x_1} = D_{11}^{x_0x_1} = D_{(0,\,3)}^{x_0x_1} =$$

$$= \bar{x}_0\bar{x}_1 \cup x_0x_1 = \overline{x_0 \oplus x_1} = x_0 \sim x_1 \qquad \text{(echivalența logică),}$$

$$\bar{D}_7^{x_0x_1} = D_{\bar{7}}^{x_0x_1} = D_{10}^{x_0x_1} = D_{(0)}^{x_0x_1} =$$

$$= \bar{x}_0\bar{x}_1 = \overline{x_0 \cup x_1} = x_0 \top x_1 \qquad \text{(funcția lui Peirce „nici'').}$$

Atît funcțiile logice esențiale, cît și complementele lor au primit în literatură denumiri specifice. Acestea sînt scrise mai sus alături de funcțiile logice pe care le definesc.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 6

METODĂ SIMBOLICĂ DE MINIMIZARE A EXPRESIILOR BOOLEENE

Scanned with OKEN Scanner

După cum s-a arătat în capitolele anterioare ale acestei lucrări, din tabela de adevăr sau din simbolul de marcare se poate deduce forma canonică disjunctivă sau conjunctivă a funcției logice care corespunde unei scheme de comutație.

Realizarea practică a schemei de comutație după forma canonică a expresiei logice este însă neeconomică, necesitînd, de regulă, un număr mai mare de contacte de relee sau de module logice (elemente de comutație statică) decît cel strict necesar îndeplinirii funcției logice cerute. Se impune deci aducerea expresiei logice la o formă minimală, adică la o formă care să conțină numărul strict necesar de termeni și de variabile conținute de aceștia.

Pînă acum au fost propuse mai multe grupe de metode folosite pentru minimizarea expresiilor booleene, dintre care mai importante sînt : metoda transformărilor algebrice, metodele algebrice de tipul celei a lui Quine și Mc Cluskey, metode matriceale și grupul de metode grafice care folosesc matrici de combinații, cum este metoda diagramelor Karnaugh sau Veitch.

Toate aceste metode de minimizare, expuse în majoritatea lucrărilor de specialitate, necesită fie rezolvări matematice relativ complicate, fie o serie de construcții grafice, cum ar fi matricele de combinații și cele de implicanți primi, care devin laborioase mai ales atunci cînd numărul de variabile devine mare.

Metodele de minimizare amintite folosesc adiacențele dintre diferitele combinații ale variabilelor binare și legile de absorbție și de incluziune ale algebrei booleene în scopul minimizării expresiei logice a schemei de comutație.

Metoda simbolică de minimizare, care se expune în cele ce urmează, este o metodă de tipul celei a lui Quine și McCluskey. Ea diferă de aceasta prin modul de găsire a grupurilor adiacente și se aseamănă cu această metodă prin faptul că folosește combinații octale de tipul numerelor de stare.

Proprietățile simbolului de marcare descrise de formulele (3.8) și (3.9) pot fi folosite în scopul formării de grupe de numere de stare adiacente.

În cazul cînd aceste grupe, cuprinse în simboluri de marcare distincte, reunesc numărul maxim posibil de numere de stare adiacente dintre cele conținute de simbolul inițial, formula (3.8) reprezintă forma iredondantă a expresiei booleene definite de acest simbol. Ea este numită adesea formă minimală avînd în vedere că foarte frecvent ea coincide cu această formă. Forma minimală depinde însă de criteriul de minim luat în considerare. În acest caz, presupunînd că fiecare număr de stare din simbolul inițial care se descompune apare o dată cel puțin într-o astfel de grupare, fiecare termen al formulei (3.8) reprezintă un implicant prim.

Metoda folosită pentru formarea grupelor de numere de stare adiacente poate fi dedusă din regulile de simetrie folosite la construcția grafului aferent unui simbol de marcare. În loc de a construi graful însă, construcție care cere timp, noi ne vom mulțumi cu întocmirea unei liste de numere de stare adiacente. Această listă va cuprinde numerele de stare aferente nodurilor grafului, evidențiind diferențele de adiacență care caracterizează ramurile lui.

Construcția grafului începe prin figurarea primului nod, care corespunde unuia dintre numerele de stare reprezentat în cod binar printr-un număr minim de biți 1. Presupunînd că numerele de stare cuprinse de indicele inferior al simbolului de marcare sînt scrise în ordinea lor crescătoare, primul nod va fi reprezentat de primul număr de stare din șirul conținut de acest indice.

Întocmirea „listei de adiacențe" asociate grafului va începe de asemenea prin scrierea acestui număr de stare cap de listă. Construcția grafului se continuă apoi prin figurarea unui nod adiacent primului și trasarea primei ramuri a lui. Pe ramura grafului se înscrie fie numărul diferență de adiacență, fie variabila care dispare prin disjuncția combinațiilor reprezentate de cele două noduri care au servit la trasarea ei. Evident, graful conține o astfel de ramură numai dacă printre numerele de stare conținute de simbolul de marcare se găsește cel puțin un număr de stare adiacent primului înscris pînă acum. Dacă însă există mai multe astfel de numere de stare, se consideră numărul de stare cel mai apropiat ca valoare de primul număr de stare folosit deja. Se recomandă sondarea adiacențelor în ordinea crescătoare a diferențelor de adiacență posibile.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă indicele inferior al simbolului de marcare nu conţine nici un număr de stare adiacent primului, aceasta înseamnă că primul implicant prim va cuprinde numai numărul de stare aferent nodului singular al grafului.

Întocmirea listei de adiacenţe aferente grafului se continuă prin înscrierea numărului de stare adiacent primului, imediat după o bară verticală notată prin numărul care reprezintă diferenţa de adiacenţă dintre cele două numere de stare. Cele două numere de stare folosite se bifează în şirul numerelor de stare cuprinse de simbolul de marcare. Bifarea se face numai cu scopul de a ţine cont de faptul că numerele de stare bifate au folosit cel puţin o dată la formarea grafului sau întocmirea listei de adiacenţe.

A doua ramură a grafului, simetrică primei, va exista dacă simbolul de marcare conţine alte două numere de stare care corespund aceleiaşi diferenţe de adiacenţă în raport cu primele două numere de stare. În caz afirmativ se construieşte patrulaterul simetric avînd drept colţuri cele patru numere de stare adiacente între ele.

În lista de adiacenţe, următoarele două numere de stare adiacente primelor se scriu imediat după bara verticală, notată prin numărul diferenţă de adiacenţă care satisface adiacenţa cerută şi este deci luat în considerare. Aceste numere se bifează de asemenea în şirul numerelor de stare conţinute de simbolul de marcare.

Se sondează apoi dacă şirul numerelor de stare cuprinde alte patru numere de stare adicente primelor, care să corespundă unui alt număr diferenţă de adiacenţă, dar comun celor patru numere de stare. În caz afirmativ se figurează al doilea patrulater simetric al grafului, ale cărui colţuri se unesc cu colţurile primului patrulater, formînd astfel în ansamblu un hexaedru simetric.

În lista de adiacenţe, următoarele patru numere de stare se trec imediat după bara verticală notată prin numărul diferenţă de adiacenţă luat în considerare, bifîndu-se aceste numere în şirul numerelor de stare conţinute de simbolul de marcare.

Construcţia grafului se continuă la fel, căutînd următoarele opt numere de stare adiacente între ele şi adiacente toate cu primele opt numere de stare care au servit la figurarea hexaedrului simetric. Se procedează astfel pînă se epuizează toate posibilităţile de grupare.

La fel se continuă şi scrierea listei de adiacenţe, scriind de fiecare dată după bara notată prin numărul diferenţă de adiacenţă

Scanned with OKEN Scanner

grupul de numere de stare care corespund aceleiaşi diferenţe de adiacenţă în raport cu cele înscrise pînă atunci în listă.

Dacă spaţiul nu mai permite înscrierea numerelor de stare ale listei de adiacenţe pe orizontală, aceasta se continuă pe verticală, aşa cum se arată în exemplele ce urmează. În cazul continuării listei de adiacenţe pe verticală, nu este necesar să scriem toate numerele de stare care completează liniile orizontale ci numai numerele de stare cap de linie, verificînd însă existenţa acestora în şirul numerelor de stare conţinute de simbolul de marcare şi bifîndu-le. Verificarea se referă la existenţa în simbol a tuturor numerelor de stare cerute pentru formarea grupării conform regulii date mai sus.

Pentru explicitarea implicantului prim corespunzător listei de adicenţe întocmite se scrie simbolul de marcare, trecînd în indicele superior şirul variabilelor de intrare, iar în indicele inferior expresia binară a numărului cap de listă. Se taie apoi (prin subliniere) variabilele binare şi biţii reprezentativi ai numerelor diferenţă de adiacenţă notate în dreptul barelor verticale sau orizontale (cînd lista este continuată pe verticală) din lista stărilor adiacente. Simbolul de marcare rezultat corespunde implicantului prim căutat.

Procedeul aplicat pentru calculul primului implicant prim se aplică la fel şi pentru calculul celorlalţi implicanţi primi. Drept cap de listă se ia de fiecare dată primul număr de stare din simbolul de marcare rămas nebifat în şirul numerelor de stare corespunzătoare valorii binare 1 a variabilei de ieşire.

Se continuă astfel formarea de grupări pînă sînt epuizate toate numerèle de stare specificate de simbolul de marcare pentru valoarea 1 a variabilei de ieşire.

După cum s-a văzut mai sus, regulile după care se construieşte graful asociat unui simbol de marcare ne-a condus la stabilitatea regulilor după care se poate întocmi lista numerelor de stare adiacente. Rezultă deci că pentru găsirea implicaţilor primi ai unei expresii booleene ne putem lipsi de construcţia grafului, întocmind numai lista de adiacenţe după regulile stabilite mai sus.

Exemplul 6.1. Să se găsească implicanţii primi ai simbolului de marcare

$$F(A)=D^{abcde}_{(0,1,2,3,4,5,6,7,12,13,16,17,22,23,26,27,32,33,36,37)}.$$

Pentru comparație, alături de lista de adiacențe se va construi și graful aferent simbolului de marcare dat. Folosind regulile date mai sus, se construiește graful aferent simbolului de marcare din figura 6.1. și se întocmește lista de adiacențe dată mai jos :

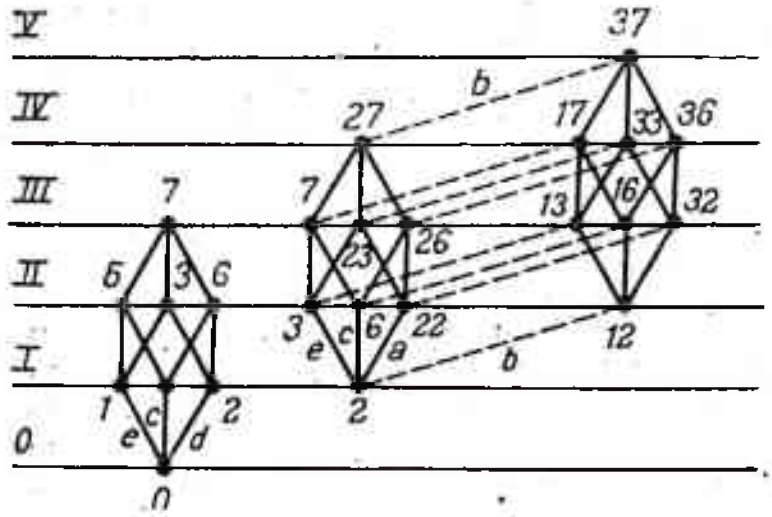


Fig. 6.1. — Graful aferent exemplului 6.1.

implicantul 1 :

$$4\,\frac{0}{4}\;/\;\overset{1}{1}\;/\;\overset{2}{2\;3\;\;6\;7} \qquad D^{abcde}_{\underline{00000}} = \bar{a}\bar{b}.$$

Numerele de stare (5), (6) și (7) nu era necesar să fie trecute în listă, verificînd însă existența lor și bifîndu-le în șirul numerelor de stare conținute de simbolul de marcare.
În cazul nostru, ele au fost trecute numai pentru a arăta cum se găsesc aceste numere;

implicantul 2 :

$$20\,\frac{12}{32}\;/\;\overset{1}{13}\;/\;\overset{4}{16\;17}\;/\;\overset{10}{2\;3\;6\;7} \qquad D^{abcde}_{\underline{01010}} = d.$$

Rezultă deci următoarea expresie booleeană minimală pentru simbolul de marcare dat :

$$F(A) = \bar{a}\bar{b} \cup d.$$

Exemplul 6.2. Se cere minimizarea expresiei booleene prin metoda simbolică pentru funcţia logică dată prin simbolul de marcare

$$F(X) = D^{ABCD}_{(0,\ 2,\ 5,\ 6,\ 7,\ 10,\ 11,\ 13,\ 14\ 15,\ 16,\ 17)}.$$

Aplicînd regulile metodei simbolice de minimizare expuse mai sus, se găsesc succesiv implicanţii primi

— *implicantul 1*

$$\begin{array}{c} \overset{2}{} \\ 0\ /\ 2 \end{array} \qquad D^{ABCD}_{000\underline{0}} = \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{D};$$

— *implicantul 2*

$$\begin{array}{c} \overset{2}{}\quad\overset{10}{} \\ 5\ /\ 7\ /\ 15\ 17 \end{array} \qquad D^{ABCD}_{\underline{0}1\underline{0}1} = BD;$$

— *implicantul 3*

$$\begin{array}{c} \overset{1}{}\quad\overset{10}{} \\ 6\ /\ 7\ /\ 16\ 17 \end{array} \qquad D^{ABCD}_{\underline{0}11\underline{0}} = BC;$$

— *implicantul 4*

$$\begin{array}{c} \overset{1}{}\quad\overset{4}{} \\ 10\ /\ 11\ /\ 14\ 15 \end{array} \qquad D^{ABCD}_{1\underline{0}0\underline{0}} = A\overline{C};$$

— *implicantul 5*

$$\begin{array}{c} \overset{2}{}\quad\overset{4}{} \\ 13\ /\ 11\ /\ 17\ 15 \end{array} \qquad D^{ABCD}_{1\underline{0}1\underline{1}} = AD.$$

Rezultă deci final expresia minimală

$$F(X) = \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{D} \cup BD \cup BC \cup A\overline{C} \cup AD.$$

Exemplul acesta este rezolvat prin metoda matriceală în [25, p. 44—46].

Prin comparaţie rezultă că metoda simbolică de minimizare conduce la acelaşi rezultat, dar pe o cale mai expeditivă decît cea folosită în lucrarea citată.

În cazul cînd simbolul de marcare conţine şi numere de stare indiferente, folosirea acestora în lista de adiacenţe nu este obli-

Scanned with OKEN Scanner

gatorie, întrucît fie că combinaţiile respective ale variabilelor binare nu apar în funcţionarea schemei de comutaţie descrise de simbol, fie că valoarea variabilei de ieşire poate fi 0 sau 1, fără a influenţa condiţiile de funcţionare cerute acestei scheme.

Numerele de stare indiferente vor fi folosite deci numai în măsura în care ele contribuie la formarea unor grupări mai mari de numere de stare (noduri) adiacente.

Modul de folosire a numerelor de stare indiferente în cazul cînd se alege calea de minimizare prin gruparea nodurilor 1 poate diferi de cel folosit în cazul cînd se alege calea de minimizare prin gruparea nodurilor 0. Cele două căi posibile de minimizare pot deci conduce la rezultate diferite, de aceea în astfel de cazuri este recomandabilă rezolvarea problemei pe ambele căi şi alegerea rezultatului optim din punctul de vedere al realizării practice a schemei de comutaţie.

Facem de asemenea remarca că în cazul inexistenţei stărilor indiferente cele două căi de minimizare conduc la formule logice complementare. Această concluzie rezultă şi din formulele (3.24) şi (3.25). Astfel, în cazul folosirii grupărilor de noduri 0, se obţine funcţia logică negată logic. Complementul acesteia va reprezenta funcţia logică căutată.

Exemplul 6.3. Se cere minimizarea expresiei booleene date prin simbolul de marcare

$$F(Z) = D^{abcd}_{1^*, 3, 4^*, 5, 7^*, 10, 12^*, 13, 14, 15, 17)}$$

Metoda prin grupe de „1", ne conduce la stabilirea următorilor implicanţi primi :

— *implicantul 1*

$$\begin{array}{cccc} & 4 & & 10 \\ 3 & / & 7^* & / \quad 13 \quad 17 \end{array} \qquad D^{abcd}_{\underline{00}11} = cd;$$

— *implicantul 2*

$$\begin{array}{cccc} & 1 & & 10 \\ 5 & / & 4^* & / \quad 15 \quad 14 \end{array} \qquad D^{abcd}_{\underline{01}0\underline{1}} = b\bar{c};$$

— *implicantul 3*

$$\begin{array}{cc} & 4 \\ 10 & / \quad 14 \end{array} \qquad D^{abcd}_{\underline{1}0\underline{0}0} = a\bar{c}\,\bar{d}.$$

Rezultă deci

$$F(Z) = cd \cup b\bar{c} \cup a\bar{c}\bar{d}.$$

Luarea în considerare a nodurilor 0, potrivit formulei (3.25), se face prin negarea numărului de ordine al funcției logice date de simbolul de marcare. Astfel putem scrie

$$F(Z) = \overline{D}^{abcd}_{\overline{N}}.$$

Numerele de stare corespunzătoare lui $\overline{N}$ caracterizează valorile $F(Z) = 0$ și sînt de fapt cele necuprinse de simbolul de marcare dat prin enunțul problemei, astfel încît putem scrie imediat

$$F(Z) = \overline{D}^{abcd}_{(0,\ 1^*,\ 2,\ 4^*,\ 6,\ 7^*,\ 11,\ 12^*,\ 16)}.$$

Folosind acest simbol de marcare, deducem la fel ca mai sus următorii implicanți primi ai funcției logice $\overline{F}(Z)$:

$$\begin{array}{l} 2\quad 4 \\ 0\ /\ 2\ /\ 4^*\ 6 \end{array} \qquad D^{abcd}_{\underline{0}\underline{0}00} = \bar{a}\bar{d},$$

$$\begin{array}{l} \quad 10 \\ 11\ /\ 1^* \end{array} \qquad D^{abcd}_{\underline{1}001} = \bar{b}\bar{c}d,$$

$$\begin{array}{l} 4\quad\ \ 10 \\ 16\ /\ 12^*\ /\ 6\ \ 2 \end{array} \qquad D^{abcd}_{\underline{11}10} = c\bar{d}.$$

Rezultă deci

$$\overline{F}(Z) = \bar{a}\bar{d} \cup \bar{b}\bar{c}d \cup c\bar{d}.$$

Observăm că

$$F(Z) = \overline{\bar{a}\bar{d} \cup \bar{b}\bar{c}d \cup c\bar{d}} = (a \cup d)(b \cup c \cup \bar{d})(\bar{c} \cup d) =$$
$$= a\bar{c}\bar{d} \cup acd \cup bd \cup ab\bar{c},$$

deci rezultatele obținute pe cele două căi de minimizare nu sînt complementare. Acest rezultat apare ca urmare a folosirii diferite a numerelor de stare indiferente în cele două căi de minimizare.

Acest exemplu este rezolvat prin altă metodă în [56, p. 52].

Scanned with OKEN Scanner

Exemplul 6.4. Să se minimizeze expresia booleeană definită prin simbolul de marcare

$$F(X) = D^{ABC}_{(0,\ 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 7)}.$$

Pentru comparaţie se poate vedea cum este rezolvată această problemă prin metoda Quine McCluskey, rezolvare dată în [72, p. 93—94].

Folosind metoda simbolică de minimizare, obţinem imediat implicanţii primi

$$\begin{matrix} 1 & 2 \\ 0 & / & 1 & / & 2 \end{matrix} \qquad D^{ABC}_{0\,\underline{0\,0}} = \overline{A},$$

$$\begin{matrix} 4 \\ 4 & / & 0 \end{matrix} \qquad D^{ABC}_{\underline{1}\,0\,0} = \overline{BC},$$

$$\begin{matrix} 4 \\ 7 & / & 3 \end{matrix} \qquad D^{ABC}_{\underline{1}\,1\,1} = BC.$$

Rezultă deci expresia logică minimală

$$F(X) = \overline{A} \cup \overline{BC} \cup BC.$$

Acelaşi rezultat se obţine şi prin metoda Quine McCluskey dar pe o cale mai laborioasă.

Exemplul 6.5. Pentru a oferi un mijloc de comparaţie cu metoda Quine McCluskey, ne propunem să găsim forma minimală a expresiei booleene date de

$$F(A) = D^{ABCD}_{(0,\ 1,\ 2,\ 5,\ 6,\ 7,\ 11,\ 12,\ 13,\ 15,\ 17)}.$$

Prin metoda simbolică de minimizare se obţin implicanţii primi

$$\begin{matrix} 1 \\ 0 & / & 1 \end{matrix} \qquad D^{ABCD}_{0\,0\,0\,\underline{0}} = \overline{A}\,\overline{BC},$$

$$\begin{matrix} 4 \\ 2 & / & 6 \end{matrix} \qquad D^{ABCD}_{0\,\underline{0}\,1\,0} = \overline{A}C\overline{D},$$

$$\begin{matrix} 2 & 10 \\ 5 & / & 7 & / & 15 & 17 \end{matrix} \qquad D^{ABCD}_{\underline{0}\,1\,\underline{0}\,1} = BD,$$

$$\begin{array}{l} \overset{2}{11} \,/\, \overset{4}{13} \,/\, 15\ 17 \end{array} \qquad D\begin{matrix} ABCD \\ 1\,0\,0\,1 \end{matrix} = AD,$$

$$\begin{array}{l} \overset{1}{12} \,/\, 13 \end{array} \qquad D\begin{matrix} ABCD \\ 1\,0\,1\,0 \end{matrix} = A\bar{B}C.$$

Rezultă deci

$$F(A) = \bar{A}\bar{B}\bar{C} \cup \bar{A}C\bar{D} \cup BD \cup AD \cup A\bar{B}C.$$

Acest exemplu este tratat prin metoda Quine McCluskey în lucrarea [72, p. 95].

Exemplul 6.6. Pentru a oferi un mijloc de comparație cu metoda incluziunii iterative a lui Tison [72, p. 96—99], ne propunem minimizarea prin metoda simbolică a expresiei booleene:

$$F = a\bar{b}\bar{d} \cup abde \cup ab\bar{e} \cup ac\bar{d} \cup b\bar{c}\bar{d} \cup \bar{b}\bar{d}.$$

Se impune mai întîi aducerea acestei formule la forma canonică disjunctivă. Acest lucru se poate face expeditiv folosind metoda simbolică de analiză, expusă în capitolul 7 al acestei lucrări. Aici vom folosi însă metoda obișnuită a transformărilor algebrice. Se obține astfel succesiv

$$F = a\bar{b}cd \cup a\bar{b}\bar{c}\bar{d} \cup abcde \cup ab\bar{c}de \cup abc\bar{e} \cup ab\bar{c}\bar{e} \cup abc\bar{d} \cup$$

$$\cup a\bar{b}c\bar{d} \cup ab\bar{c}\bar{d} \cup \bar{a}bc\bar{d} \cup a\bar{b}\bar{d} \cup \bar{a}\bar{b}\bar{d} =$$

$$= a\bar{b}cde \cup a\bar{b}cd\bar{e} \cup a\bar{b}\bar{c}de \cup a\bar{b}\bar{c}d\bar{e} \cup abcde \cup ab\bar{c}de \cup,$$

$$\cup abcd\bar{e} \cup abc\bar{d}e \cup ab\bar{c}d\bar{e} \cup ab\bar{c}\bar{d}e \cup abc\bar{d}\bar{e} \cup ab\bar{c}\bar{d}\bar{e} \cup,$$

$$\cup al\bar{c}de \cup ab\bar{c}d\bar{e} \cup \bar{a}bc\bar{d}e \cup \bar{a}b\bar{c}d\bar{e} \cup a\bar{b}c\bar{d}e \cup a\bar{b}\bar{c}d\bar{e} \cup,$$

$$\cup a\bar{b}\bar{c}de \cup a\bar{b}\bar{c}d\bar{e} \cup a\bar{b}c\bar{d}e \cup a\bar{b}c\bar{d}\bar{e} \cup \bar{a}\bar{b}\bar{c}de \cup \bar{a}\bar{b}\bar{c}d\bar{e} \cup \bar{a}\bar{b}c\bar{d}e \cup \bar{a}\bar{b}c\bar{d}\bar{e}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Rezultă simbolul de marcare

$$F = D^{abcde}_{(0,\,1,\,4,\,5,\,10,\,11,\,20,\,21,\,24,\,25,\,30,\,31,\,32,\,33,\,34,\,35,\,36,\,37)}.$$

Implicanții primi corespunzători vor fi dați de

$$\begin{array}{l} 1\quad 4\qquad 20 \\ 0\ /\ 1\ /\ 4\ \ 5\ /\ 20\ 21\ 24\ 25 \end{array} \qquad D^{abcde}_{\underline{0}\underline{0}\underline{0}\underline{0}\underline{0}} = \bar{b}\bar{d},$$

$$\begin{array}{l} 1\quad 10\quad 20 \\ 10\ /\ 11\ /\ 0\ \ 1\ /\ 30\ 31\ 20\ 21 \end{array} \qquad D^{abcde}_{\underline{0}1\underline{0}\underline{0}\underline{0}} = \bar{c}\bar{d},$$

$$\begin{array}{l} 1\quad 2\qquad 4 \\ 32\ /\ 33\ /\ 30\ 31\ /\ 36\ 37\ 34\ 35 \end{array} \qquad D^{abcde}_{11\underline{0}1\underline{0}} = ab.$$

Rezultă deci

$$F = \bar{b}\bar{d} \cup \bar{c}\bar{d} \cup ab.$$

Exemplul 6.7. Se cere stabilirea expresiei logice minimale care corespunde simbolului de marcare

$$F(Z) = D^{ABCDEabcde}_{\begin{array}{l} 1 : (0.164\ \ 0.262\ \ 0.264\ \ 0.321\ \ 0.322\ \ 0.324\ \ 0.454\ \ 0.461 \\ \quad 0.464\ \ 0.512\ \ 0.514\ \ 0.521\ \ 0.522\ \ 0.524\ \ 0.611\ \ 0.612 \\ \quad 0.614\ \ 0.622\ \ 0.624\ \ 1.046\ \ 1.051\ \ 1.052\ \ 1.054\ \ 1.061 \\ \quad 1.062\ \ 1.064\ \ 1.105\ \ 1.106\ \ 1.111\ \ 1.112\ \ 1.114\ \ 1.121 \\ \quad 1.122\ \ 1.124\ \ 1.203\ \ 1.205\ \ 1.206\ \ 1.211\ \ 1.212\ \ 1.214 \\ \quad 1.221\ \ 1.222\ \ 1.224), \\ 0 : (0.143\ \ 0.145\ \ 0.146\ \ 0.151\ \ 0.152\ \ 0.154\ \ 0.161\ \ 0.162 \\ \quad 0.170\ \ 0.243\ \ 0.245\ \ 0.246\ \ 0.251\ \ 0.252\ \ 0.254\ \ 0.261 \\ \quad 0.270\ \ 0.303\ \ 0.305\ \ 0.306\ \ 0.311\ \ 0.312\ \ 0.314\ \ 0.330 \\ \quad 0.443\ \ 0.445\ \ 0.446\ \ 0.451\ \ 0.452\ \ 0.470\ \ 0.503\ \ 0.505 \\ \quad 0.506\ \ 0.511\ \ 0.530\ \ 0.603\ \ 0.605\ \ 0.606\ \ 0.630\ \ 1.043 \\ \quad 1.045\ \ 1.070\ \ 1.103\ \ 1.130\ \ 1.230\ \ 1.403\ \ 1.405\ \ 1.406 \\ \quad 1.411\ \ 1.412\ \ 1.414\ \ 1.421\ \ 1.422\ \ 1.424\ \ 1.430). \end{array}}$$

Numerele de stare necuprinse mai sus sînt indiferente ca metodică generală în cazul unor probleme cu multe nedeterminate ca cea din exemplul nostru, se recomandă sondarea diferențelor de

adiacenţă în ordinea lor crescătoare. În acest fel este mult uşurată procedura de determinare a numerelor de stare.

În listele de adiacenţe date mai jos s-au scris numai numerele de stare ale primei linii, care cuprinde numai prima grupă de opt numere de stare ce satisfac condiţiile de adiacenţă impuse de metoda folosită.

Din grupa următoare de numere de stare, care completează cea de a doua linie, s-a scris numai numărul de stare cap de linie, verificînd însă existenţa celorlalte numere de stare ale liniei printre numerele de stare date prin simbolul de marcare la valoarea 1 a variabilei Z, sau printre numerele de stare indiferente. Este suficient ca un singur număr de stare să nu fie găsit astfel pentru ca diferenţa de adiacenţă să nu fie luată în considerare. Astfel, la stabilirea listei pentru implicantul prim 1 n-a fost luată în considerare, diferenţa de adiacenţă 4, întrucît numărul de stare 0.161 se găsea printre numerele de stare interzise, date în simbolul de marcare pentru $Z = 0$.

Din grupa a treia de numere de stare, care completează următoarele două linii, s-au scris de asemenea numai cele două numere de stare cap de linie, procedînd apoi la fel ca mai sus.

Sondînd diferenţele de adiacenţă în ordinea lor crescătoare, se completează lista pînă se epuizează toate numerele diferenţă de adiacenţă, în cazul exemplului nostru, numerele : 1, 2, 4, 10, 20, 40, 100, 200, 4C0, şi 1000.

Se procedează apoi, aşa cum s-a arătat la alte exemple, la întocmirea următoarei liste de adiacenţă, care va corespunde următorului implicant prim. Calculul se termină în momentul cînd în aceste liste, am cuprins, o dată cel puţin, fiecare număr de stare dat de simbolul de marcare pentru $Z = 1$ din listă de adiacenţe.

Dacă pe prima linie orizontală apar numai diferenţele de adiacenţă 1,2 şi 4, atunci celelalte linii orizontale vor conţine numere de stare care diferă faţă de numerele cap de linie prin cifra semnificativă a unităţilor (0,. . . .,7), astfel încît verificarea făcîndu-se foarte uşor, nu mai este necesar să înscriem aceste numere în listă ci numai să verificăm existenţa lor în şirul numerelor de stare corespunzătoare valorii binare 1 a variabilei de ieşire şi inexistenţa acestora în şirul numerelor de stare corespunzătoare valorii binare 0 a acestei variabile. Se face astfel economie de timp şi de hîrtie.

Scanned with OKEN Scanner

În cazul altor diferențe de adiacență pe prima linie se poate proceda la fel ca mai sus, după ce s-a dobîndit o rutină în acest sens.

În cazul nostru, folosind metoda simbolică de minimizare, obținem succesiv :

— *implicantul 1*

	1	2	10				
40	0.164	/ 0.165	/ 0.166	0.167	/ 0.174	0.175	0.176	0.177
100	0.124						
	0.064						
200	0.024	400					
	0.364		0.564				
	0.324		0.524				
	0.264		0.464				
	0.224		0.424				
			0.764				
			0.724				
			0.664				
			0.624				

$$D^{ABCDEabcde}_{0\,0\,0\,1\,1\,1\,0\,1\,0\,0} = \bar{A}ac;$$

— *implicantul 2*

	1	4	10				
40	0.262	/ 0.263	/ 0.266	0.267	/ 0.272	0.273	0.276	0.277
100	0.222						
	0.362						
400	0.322						
	0.662						
	0.622						
	0.762						
1.000	0.722						
	1.262						
	. . .						

$$D^{ABCDEabcde}_{0\,0\,1\,0\,1\,1\,0\,0\,1\,0} = Cad;$$

— *implicantul 3*

$$\begin{array}{rl} & \overset{1}{0.321} \;/\; 0.320 \;/\; 0.323 \quad \overset{4}{0.322} \;/\; 0.325 \quad 0.324 \quad 0.327 \quad 0.326 \\ 40 & \overline{0.361} \\ 400 & \overline{0.721} \\ 1000 & \overline{0.761} \\ & \overline{1.321} \end{array} \qquad D^{ABCDEbacde}_{\underline{00}11\underline{0}10\underline{001}} = CDa\bar{b};$$

....

— *implicantul 4*

$$\begin{array}{rl} & \overset{1}{0.454} \;/\; 0.455 \;/\; 0.456 \quad \overset{20}{0.457} \;/\; 0.474 \quad 0.475 \quad 0.476 \quad 0.477 \\ 40 & \overline{0.414} \\ 100 & \overline{0.554} \\ 200 & \overline{0.514} \\ & \overline{0.654} \end{array} \qquad D^{ABCDEabcde}_{01\ \underline{001}\,01\underline{100}} = \bar{A}Bbc;$$

...

— *implicantul 5*

$$\begin{array}{rl} & \overset{1}{0.461} \;/\; 0.460 \;/\; 0.463 \quad \overset{4}{0.462} \;/\; 0.465 \quad 0.464 \quad 0.467 \quad 0.466 \\ 4\underline{0} & \overline{0.421} \\ 100 & \overline{0.561} \\ 200 & \overline{0.521} \\ & \overline{0.661} \end{array} \qquad D^{ABCDEabcde}_{0\,1\,0\,\underline{0\,1}\,10\underline{001}} = \bar{A}Ba\bar{b};$$

— *implicantul 6*

$$\begin{array}{rl} & \overset{1}{0.512} \;/\; 0.513 \;/\; 0.516 \quad \overset{20}{0.517} \;/\; 0.532 \quad 0.533 \quad 0.536 \quad 0.537 \\ 40 & \overline{0.552} \\ 200 & \overline{0.712} \\ 1000 & \overline{0.752} \\ & \overline{1.512} \end{array} \qquad D^{ABCDEabcde}_{\underline{0}\,1\,\underline{0}\,1\,\underline{00}\,\underline{0}\underline{1}\underline{01}} = BDbd;$$

....

Scanned with OKEN Scanner

— *implicantul 7*

$$\begin{array}{rl} & \overset{1}{} \quad \overset{2}{} \quad \overset{4}{} \\ 40 & \overline{0.611} \,/\, 0.610 \,/\, 0.613 \quad 0.612 \,/\, 0.615 \quad 0.614 \quad 0.617 \quad 0.616 \\ & \overline{0.651} \\ 100 & \overline{0.711} \\ 1000 & \overline{0.751} \\ & \overline{1.611} \end{array} \qquad D^{ABCDEabcde}_{\underline{0}\,1\,1\,\underline{0}\,\underline{0}\,01\underline{0}\underline{1}} = BC\bar{a}b;$$

$\ldots\ldots$

— *implicantul 8*

$$\begin{array}{rl} & \overset{1}{} \quad \overset{10}{} \quad \overset{20}{} \\ 40 & \overline{1.046} \,/\, 0.1.047 \,/\, 1.056 \quad 1.057 \,/\, 1.066 \quad 1.067 \quad 1.076 \quad 1.077 \\ & \overline{1.006} \\ 100 & \overline{1.146} \\ 200 & \overline{1.106} \\ & \overline{1.246} \end{array} \qquad D^{ABCDEabcde}_{1\,0\,\underline{001}\,0\,0\,11\underline{0}} = A\bar{B}cd;$$

$\ldots\ldots$

— *implicantul 9*

$$\begin{array}{rl} & \overset{1}{} \quad \overset{2}{} \quad \overset{4}{} \\ 40 & \overline{1.051} \,/\, 1.050 \,/\, 1.053 \quad 1.052 \,/\, 1.055 \quad 1.054 \quad 1.057 \quad 1.056 \\ 100 & \overline{1.011} \\ & \overline{1.151} \\ 200 & \overline{1.111} \\ & \overline{1.251} \end{array} \qquad D^{ABCDEabcde}_{1\,0\,\underline{001}\,0\,1\,0\,\underline{0\,1}} = A\bar{B}\bar{a}b;$$

$\ldots\ldots$

— *implicantul 10*

$$\begin{array}{rl} & \overset{1}{} \quad \overset{2}{} \quad \overset{4}{} \\ 40 & \overline{1.061} \,/\, 1.060 \,/\, 1.063 \quad 1.062 \,/\, 1.065 \quad 1.064 \quad 1.067 \quad 1.066 \\ & \overline{1.021} \\ 100 & \overline{1.161} \\ 200 & \overline{1.121} \\ & \overline{1.261} \end{array} \qquad D^{ABCDEabcde}_{1\,0\,\underline{001}\,1\,0\,0\,\underline{0\,1}} = A\bar{B}a\bar{b};$$

$\ldots\ldots$

Scanned with OKEN Scanner

— *implicantul 11*

$$\begin{array}{rl} & \begin{array}{cccccccc} 1 & & 2 & & & 10 & & \end{array} \\ 20 & \underline{1.105} \;/\; 1.104 \;/\; 1.107 \;\; 1.106 \;/\; 1.115 \;\; 1.114 \;\; 1.117 \;\; 1.117 \\ 40 & \underline{1.125} \\ & 1.145 \\ 200 & \underline{1.165} \\ & 1.305 \\ & 1.325 \\ & 1.345 \\ 400 & \underline{1.365} \\ & 1.505 \\ & \ldots \end{array}$$

$$D^{ABCDEabcde}_{1\,0\,0\,1\,0\,0\,0\,1\,0\,1} = ADe;$$

— *implicantul 12*

$$\begin{array}{rl} & \begin{array}{cccccccc} 1 & & 2 & & & 4 & & \end{array} \\ 10 & \underline{1.203} \;/\; 1.202 \;/\; 1.201 \;\; 1.200 \;/\; 1.207 \;\; 1.206 \;\; 1.205 \;\; 1.204 \\ 40 & \underline{1.213} \\ & 1.243 \\ 100 & \underline{1.253} \\ & 1.303 \\ & 1.313 \\ & 1.343 \\ 400 & \underline{1.353} \\ & 1.603 \\ & \ldots \end{array}$$

$$D^{ABCDEabcde}_{1\,0\,1\,0\,0\,0\,0\,0\,1\,1} = AC\bar{a}.$$

Rezultă deci expresia logică minimală

$$F(Z) = ac\bar{A} \cup Cad \cup CDa\bar{b} \cup \bar{A}Bbc \cup \bar{A}Ba\bar{b} \cup BDbd \cup$$
$$\cup BC\bar{a}b \cup A\bar{B}cd \cup A\bar{B}\bar{a}b \cup A\bar{B}a\bar{b} \cup ADe \cup AC\bar{a}.$$

Problema tratată mai sus este luată din [72, p. 86—87]. Aici se arată că este posibilă doar o rezolvare aproximativă a acestei probleme, deducîndu-se o soluţie conţinînd 17 implicanţi, cu un total de 66 de variabile conţinute de aceştia.

Putem face deci constatarea că metoda simbolică de minimizare a permis rezolvarea precisă a acestei probleme, soluţia obţinută fiind verificată pentru toate stările definite de schema de comutaţie corespunzătoare simbolului de marcare dat. Această soluţie conţine

numai 12 implicanţi cu un total de numai 44 variabile conţinute de aceştia.

De altfel autorul lucrării citate remarcă că pentru un număr mai mare de nouă variabile binare este greu să avem siguranţa obţinerii unei forme minimale folosind metodele de minimizare cunoscute. Prin metoda simbolică de minimizare se extind deci posibilităţile de minimizare la un număr mai mare de variabile binare.

Important poate fi şi faptul că metoda simbolică de minimizare ar putea oferi un mijloc de determinare a algoritmului pentru astfel de probleme la programarea rezolvării acestora pe un calculator electronic numeric. Evident, folosirea calculatoarelor electronice numerice este indicată pentru probleme complexe cu un număr foarte mare de variabile de intrare.

Exemplul 6.8. Se cere minimizarea expresiei booleene definite prin simbolul de marcare

$$F(A, B, C) = D^{x_3x_2x_1x_0}_{(1,6,7,11,13,16,17),\ (4,5,6,7,12,14,15,16,17),\ (1,4,5,11,12,14,13,15,16,17).}$$

Folosind metoda simbolică de minimizare, se obţin succesiv implicanţii primi ai celor trei funcţii logice definite prin simbolul de marcare dat.

Pentru $F(A)$ se obţin astfel implicanţii

$$\begin{array}{l} 10 \\ 1\ /\ 11 \end{array} \qquad D^{x_3x_2x_1x_0}_{0\ 0\ 0\ 1} = \bar{x}_2\bar{x}_1x_0,$$

$$\begin{array}{l} 1\ \ 10 \\ 6\ /\ 7\ /\ 16\ 17 \end{array} \qquad D^{x_3x_2x_1x_0}_{0\ 1\ 1\ 0} = x_2x_1,$$

$$\begin{array}{l} 4 \\ 13\ /\ 17 \end{array} \qquad D^{x_3x_2x_1x_0}_{1\ 0\ 1\ 1} = x_3x_1x_0,$$

pentru F(B), obţinem

$$\begin{array}{l} 1\ \ 2\ \ 10 \\ 4\ /\ 5\ /\ 6\ \ 7\ /\ 14\ 15\ 16\ 17 \end{array} \qquad D^{x_3x_2x_1x_0}_{0\ 1\ 0\ 0} = x_2,$$

$$\begin{array}{l} 4 \\ 12\ /\ 16 \end{array} \qquad D^{x_3x_2x_1x_0}_{1\ 0\ 1\ 0} = x_3\bar{x}_0,$$

iar pentru $F(C)$ avem

$$\begin{matrix} 4 & 10 \\ 1 & 5 \end{matrix} \Big/ \begin{matrix} 11 & 15 \end{matrix} \qquad D_{0\ 0\ 0\ 1}^{x_3x_2x_1x_0} = \bar{x}_1x_0,$$

$$\begin{matrix} 10 & 1 \\ 4 & 14 \end{matrix} \Big/ \begin{matrix} 5 & 15 \end{matrix} \qquad D_{0\ 1\ 0\ 0}^{x_3x_2x_1x_0} = x_2\bar{x}_1,$$

$$\begin{matrix} 1 & 4 \\ 12 & 13 \end{matrix} \Big/ \begin{matrix} 16 & 17 \end{matrix} \qquad D_{1\ 0\ 1\ 0}^{x_3x_2x_1x_0} = x_3x_1.$$

Formulele minimale rezultate sînt deci

$$F(A) = \bar{x}_2\bar{x}_1x_0 \cup x_2x_1 \cup x_3x_1x_0,$$

$$F(B) = x_2 \cup x_3x_1\bar{x}_0,$$

$$F(C) = \bar{x}_1x_0 \cup x_2\bar{x}_1 \cup x_3x_1.$$

Pentru comparație poate servi același exemplu, rezolvat prin metoda matriceală în [72, p. 112—115]. Problema folosirii în comun a unor termeni ai expresiilor logice se va pune mai tîrziu, cu ocazia sintezei unor astfel de circuite.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 7 METODA SIMBOLICĂ DE ANALIZĂ A SCHEMELOR DE COMUTAȚIE

Problema analizei unei scheme de comutație date constă în determinarea funcțiilor pe care le poate îndeplini aceasta și a depistării deficiențelor ce pot interveni în funcționarea ei. Astfel, în cazul schemelor de comutație combinaționale, fiind dată schema, se pune problema determinării diferitelor ei stări posibile, adică a determinării valorilor binare a variabilelor de ieșire care corespund tuturor combinațiilor posibile ale valorilor binare ale variabilelor de intrare. De asemenea se poate cere depistarea posibilităților de hazard care intervin în funcționarea schemei. În cazul schemelor de comutație secvențiale se mai cere în plus descrierea secvențelor posibile de lucru ale schemei.

Înainte de a trece la descrierea metodei simbolice de analiză a unor astfel de scheme să examinăm structura generală a unei scheme de comutație.

Într-o schemă de comutație se pot distinge patru părți principale, și anume : partea de comandă, partea de prelucrare a informațiilor binare, partea de execuție și partea de semnalizare.

Partea de comandă conține dispozitivele inițiatoare de comenzi, cum ar fi diferitele butoane de comandă manuală, microîntrerupătoare, limitatoare de cursă sau contacte acționate din exteriorul schemei considerate prin relee sensibile la anumiți parametrii fizici. Variabilele binare care definesc această parte a schemei sînt variabile primare.

Partea de prelucrare a informațiilor cuprinde relee și contactoare sau module de comutație statică, prin care se prelucrează informațiile primite de la partea de comandă și cele primite de la partea de execuție și se elaborează în final semnale de comandă în stare să influențeze partea de execuție și de semnalizare a schemei. Această parte îndeplinește deci o anume funcție logică.

Variabilele binare specifice acestei părți a schemei de comutație sînt variabile primare și variabilele de ieșire care au atașate și variabile secundare.

Partea de execuție a schemelor de comutație cuprinde diferite elemente de execuție, dispozitivele de cuplare la rețea a motoarelor electrice, dispozitive de pornire, oprire, reglaj de viteză sau contacte în stare să influențeze starea anumitor elemente de execuție care fac parte din sistemul discret de comandă automată. Specifice numai acestei părți a schemei de comutație sînt numai variabilele de ieșire care nu au atașate și variabile secundare.

În fine, partea de semnalizare cuprinde diferite dispozitive optice sau acustice care servesc pentru semnalizarea îndeplinirii comenzilor date și a stărilor schemei de comutație.

Primul pas în procesul de analiză a unei scheme de comutație constă în stabilirea funcțiilor logice aferente variabilelor de ieșire ale schemei. Exemplele de mai jos vor arăta cum se face acest lucru pentru diverse cazuri particulare. Această operație este comună tuturor metodelor de analiză folosite curent.

În cazul metodei simbolice de analiză, pasul următor în procesul de analiză constă în stabilirea simbolului de marcare pentru fiecare variabilă de ieșire separat. În acest scop se precizează mai întîi care dintre variabilele de intrare sînt primare și care dintre acestea sînt secundare. Avînd făcută această precizare, se scrie șirul variabilelor primare succedat de cel al variabilelor secundare, întregul șir reprezentînd indicele superior al simbolului de marcare.

Pentru găsirea numerelor de stare aferente fiecărui simbol de marcare se impune scrierea formulei logice aferente lui în forma canonică disjunctivă. În acest scop se pot folosi regulile algebrei booleene, așa cum s-a făcut la exemplul 6.6.

Mult mai expeditiv este însă procedeul următor, bazat pe formarea grupelor de numere de stare adiacente după metodica expusă în capitolul 6. Astfel se scriu mai întîi sub formă explicită toți termenii expresiei logice al cărei simbol de marcare îl căutăm. Primul număr de stare al unui termen al expresiei logice se obține înlocuind în șirul ordonat al variabilelor de intrare din indicele superior al simbolului de marcare variabilele directe conținute de termen prin valoarea 1, celelalte variabile din șir fiind înlocuite cu valoarea „0". Numărul de stare rezultă prin convertirea în codul octal a numărului binar obținut astfel.

Restul celorlalte numere de stare care definesc termenul respectiv vor corespunde tuturor adiacențelor posibile. Pentru a le găsi se taie (prin subliniere) în șirul ordonat toate variabilele

conținute de termen. Valoarea octală a bitului 1, care corespunde cu locul fiecărei variabile rămase nesubliniate (netăiate) din acest șir, corespunde diferențelor de adiacență posibile pentru acest termen.

Se găsește astfel pentru numerele diferență de adiacență posibile mai întîi numărul de stare adiacent primului număr de stare găsit, apoi următoarele două numere de stare adiacente primelor, apoi următoarele patru numere de stare adiacente numerelor de stare găsite etc. Se procedează astfel, considerînd diferențele de adiacență posibile în ordinea lor crescătoare, pînă se epuizează toate diferențele de adiacență care afectează termenul respectiv al expresiei logice.

Simbolul de marcare aferent unei expresii logice, după cum rezultă din formula (3.8), va cuprinde cîte un reprezentant al tuturor numerelor de stare aferente termenilor conținuți de această formulă.

În cazul analizei schemei de contribuție statică, se poate folosi și o altă metodă de analiză, care va fi explicată prin exemplul 7.1.

Astfel, se precizează mai întîi ordinea variabilelor de intrare ale schemei, formînd astfel indicele superior al simbolului de marcare. Se găsesc apoi prin procedeul indicat mai sus numerele de stare aferente fiecărei variabile din acest șir, ca și cum ea ar reprezenta un termen. Folosind apoi formulele (3.7), (3.18) și (3.24) se găsesc succesiv numerele de stare asociate tuturor variabilelor de ieșire ale modulelor logice (elementelor de comutație statică) folosite în schemă. Pe această cale, din aproape în aproape se ajunge la ieșirile schemei, rezultînd în final numerele de stare asociate fiecărei variabile de ieșire a schemei de comutație. Cunoscînd aceste numere de stare putem scrie simbolul de marcare al întregii scheme.

Pentru schemele combinaționale de comutație, procesul de analiză se termină o dată cu găsirea simbolului de marcare aferent schemei. Într-adevăr, acest simbol ne indică combinațiile variabilelor de intrare pentru care variabilele de ieșire iau valoarea binară 1. Numerele de stare necuprinse de simbol ne indică combinațiile care corespund valorii 0 a variabilei de ieșire.

În cazul schemelor de comutație secvențiale, se cere în plus găsirea secvențelor de lucru ale schemei și ale stărilor ei de blocare, secvențe care pot evidenția și prezența hazardului în funcționarea schemei.

Secvențele de lucru se pot prezenta fie sub formă analitică, ca succesiune a stărilor schemei, așa cum s-a arătat în capitolul 2, fie sub formă grafică, adică sub forma diagramelor de faze.

Scanned with OKEN Scanner

Forma analitică de prezentare a secvențelor de lucru ale unei scheme de comutație secvențiale se preferă în cazul unui număr mic al variabilelor de intrare, iar cea grafică convine mai mult în cazul unui număr mai mare a acestor variabile. Forma grafică redă mai bine sub aspect fizic funcționarea schemei secvențiale. Este greu însă de a reda grafic toate secvențele posibile și stările care pot apărea în funcționarea schemei secvențiale. De aceea sub formă grafică se vor reda, de regulă, numai secvențele principale de lucru ale schemei. Secvențele secundare sau stările de blocare accidentale se pot deduce imediat, atunci cînd e necesar, folosind simbolul de marcare.

Exemplul 7.1. Să se facă analiza schemei sumatorului elementar al unui calculator numeric, schemă redată în figura 7.1.

Procedînd așa cum s-a arătat mai sus, se găsesc mai întîi numerele de stare aferente variabilelor x, y și z. Astfel, considerînd

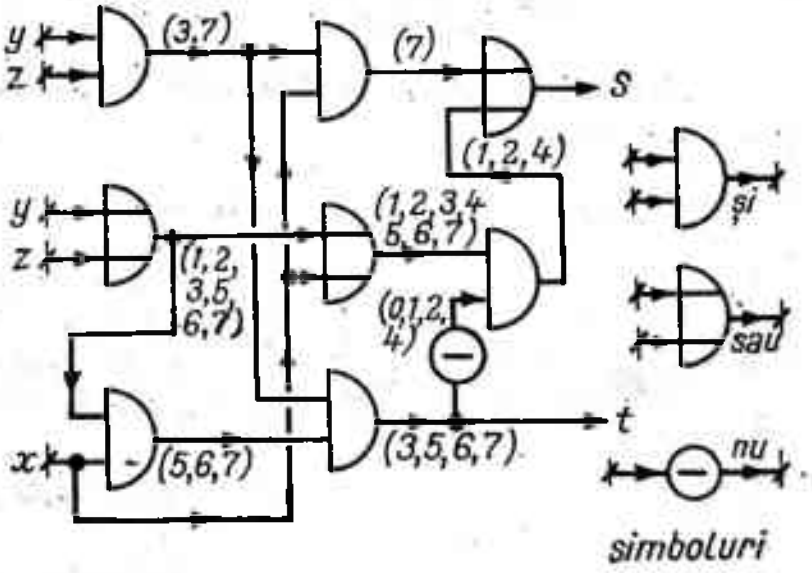


Fig. 7.1. — Analiza sumatorului elementar.

ordinea variabilelor xyz, primele numere de stare pentru variabilele x, y și z vor fi respectiv

$$(100)_8 = 4, \quad (010)_8 = 2 \quad \text{și} \quad (001)_8 = 1.$$

Diferențele de adiacență corespunzătoare celor trei variabile se deduc din

$$\underline{x}yz, \quad x\underline{y}z \quad \text{și} \quad xy\underline{z}.$$

Se obţin astfel numerele de stare

$$\text{— pentru } x: \begin{matrix} 1 & 2 \\ 4 / 5 / 6 & 7; \end{matrix}$$

$$\text{— pentru } y: \begin{matrix} 1 & 4 \\ 2 / 3 / 6 & 7; \end{matrix}$$

$$\text{— pentru } z: \begin{matrix} 2 & 4 \\ 1 / 3 / 5 & 7. \end{matrix}$$

Aplicînd apoi formulele (3.7), (3.18) şi (3.24), se găsesc numerele de stare la ieşirea tuturor modulelor logice folosite în schemă. Ele sînt date în figura 7.1.

Final se obţine

$$S = D^{xyz}_{(7)} \cup D^{xyz}_{(1,2,4)} = D^{xyz}_{(1,2,4,7)} = D^{xyz}_{151},$$

$$t = D^{xyz}_{(3,5,6,7)} = D^{xyz}_{27}.$$

Întrucît schema nu foloseşte variabile secundare, ea este pur combinaţională.

Exemplul 7.2. Să se facă analiza schemei de comandă automată a pornirii unui motor asincron cu rotor scurtcircuitat, schemă dată în figura 7.2.

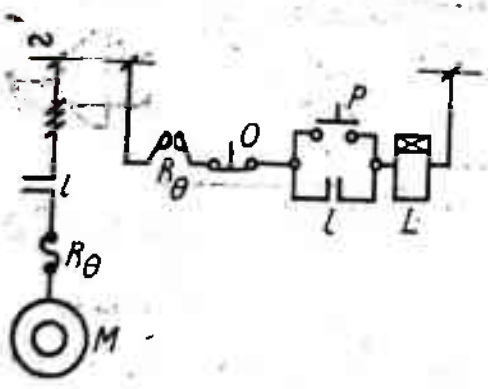


Fig. 7.2. — Schema analizată în exemplul 7.1.

Cele două funcţii logice care caracterizează schema dată, sînt

$$L = \overline{R}_0\overline{O}\,(P \cup l) \quad \text{şi} \quad M = l.$$

Primele numere de stare aferente termenilor $\overline{R}_0\overline{O}P$ şi $\overline{R}_0\overline{O}l$, în cazul cînd se alege următoarea ordine a variabilelor de intrare R_0OPl, se deduc astfel :

$$(0.010)_8 = 2 \quad \text{şi} \quad (0.001)_8 = 1.$$

Următoarele numere de stare ale celor doi termeni corespund diferenţelor de adiacenţă 1 şi 2, deduse din

$$\underline{R_0}\underline{O}\underline{P}l \quad \text{şi} \quad \underline{R_0}\underline{O}\underline{P}\underline{l}.$$

Astfel numerele de stare aferente celor doi termeni ai funcției logice L vor fi

— pentru $\overline{R}_\theta \overline{O} P \longrightarrow 2 \begin{matrix} 1 \\ / \\ 2 \end{matrix} 3$;

— pentru $\overline{R}_0 \overline{O} l \longrightarrow 1 \,/\, 3$.

Rezultă simbolurile de marcare

$$L = D^{R_\theta O P l}_{(1,2,3)} \quad \text{și} \quad M = D^{l}_{(1)}.$$

Întrucît schema folosește variabila l ca variabilă de reacție (secundară), ea este secvențială.

Secvențele principale de pornire și de oprire a motorului M se vor scrie, așa cum s-a arătat în capitolul 2,

$$\frac{0}{0} \xrightarrow{P=1} \frac{2}{1} \longrightarrow \frac{3}{1} \xrightarrow{P=0} \frac{1}{1} \quad \text{și} : \quad \frac{1}{1} \xrightarrow{O=1} \frac{5}{0} \longrightarrow \frac{4}{0} \xrightarrow{O=0} \frac{0}{0}.$$

În formă grafică, aceste secvențe sînt redate sub forma diagramei de faze din figura 7.3.

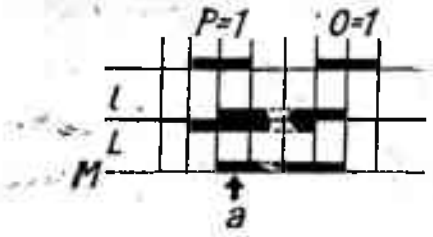


Fig. 7.3. — Diagrama de faze pentru exemplul 7.2.

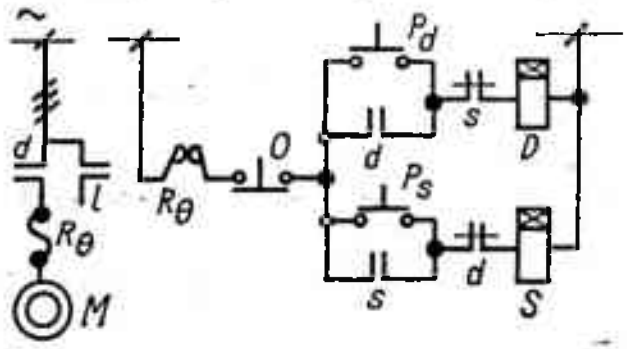


Fig. 7.4. — Schema analizată în exemplul 7.3.

Ne propunem să determinăm efectul intervenției releului termic ($R_0 = 1$) în starea (a) (fig. 7.3).

Starea (a) corespunde numărului de stare (3), pentru variabila L. Dacă $R_0 = 1$, ea trece în starea (13), care, după cum rezultă din simbolul de marcare, corespunde la $L = 0$. Întrucît imediat $l = 0$, această stare instabilă trece în starea stabilă (12), care corespunde la $L = M = 0$.

Exemplul 7.3. Să se facă analiza schemei de comandă automată reversibilă a unui motor asincron cu rotor scurtcircuitat, schemă redată în figura 7.4.

Se scriu mai întîi funcţiile logice care corespund celor trei variabile de ieşire:

$$D = \overline{R}_0 \overline{O} \overline{s} \, (P_d \cup d),$$

$$S = \overline{R}_0 \overline{O} \overline{d} \, (P_s \cup s),$$

$$M = d \cup s.$$

Aplicînd acelaşi procedeu ca în exemplul 7.2, găsim simbolurile de marcare

$$D = D^{R_0 O P_d sd}_{(1,4,5)}, \quad S = D^{R_0 O P_s sd}_{(2,4,6)} \text{ şi } \quad M = D^{sd}_{(1,2,3)}.$$

În figura 7.5. redăm sub forma diagramei de faze cele trei secvenţe principale (pornire în cele două sensuri şi oprire) de lucru ale schemei de comutaţie. Vom explica construcţia lor.

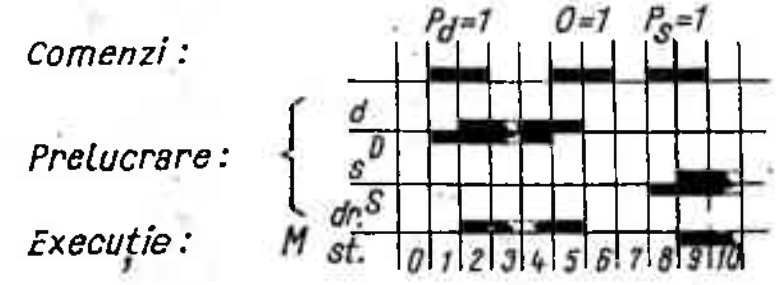


Fig. 7.5. — Diagrama de faze aferentă exemplului 7.3.

Iniţial vom trasa o singură linie orizontală, pe care se figurează comenzile date prin butoanele de comandă sau prin intervenţia releului termic. Partea de prelucrare a comenzilor va cuprinde două linii orizontale, pe care se vor figura stările binare ale variabilelor secundare şi a celor de ieşire de care sînt ataşate. În fine, partea de execuţie va fi reprezentată printr-o singură linie orizontală, pe care se va figura starea binară a motorului M şi sensul lui de rotaţie.

Secvenţa de pornire spre dreapta se iniţiază prin apăsarea butonului cu revenire P_d. Starea acestui buton influenţează numai

variabila D, al cărei simbol de marcare cuprinde starea (4), care corespunde la $D = 1$. Pentru poziţia 1 din diagrama de faze vom reda numai valoarea binară $D = 1$.

Urmează apoi imediat $d = 1$. Variabila d afectează toate cele trei funcţii logice, astfel încît în diagrama de faze vom reda valorile binare $D = 1$, $S = 0$ şi $M = 1$ în poziţia 2. Revenirea butonului P_d în stare normală nu modifică această stare stabilă.

Similar se determină secvenţa iniţiată prin $P_s = 1$ şi prin $O = 1$.

Dispunînd de patru variabile primare, sînt posibile 2^4 combinaţii ale lor, prin care se pot iniţia diverse comenzi. Este dificil să le figurăm pe toate în diagrama de faze.

Secvenţele posibile neredate în diagrama de faze rezultă însă imediat din simbolurile de marcare. Drept exemplu să considerăm că în starea redată în diagrama de faze prin poziţia 3 apăsăm butonul P_s. Poziţia 3 este caracterizată prin $d = D = M = 1$, restul variabilelor avînd valoarea binară 0. Variabila P_s este conţinută numai de simbolul S ceea ce se poate constata examinînd indicii superiori ai simbolurilor de marcare. Pentru $P_s = d = R = 1$ şi $O = s = 0$, avem $n = 15$ şi rezultă $S = 0$, deci starea schemei în ansamblu nu se va modifica prin această comandă nouă. La fel se pot determina şi alte stări de blocare sau secvenţe secundare ale schemei analizate.

În cazul exemplului 7.3., diagrama de faze şi diferitele stări posibile ale schemei se pot deduce şi simplu din examinarea schemei reale redată în figura 7.4. Nu acelaşi lucru este posibil în cazul unor scheme care folosesc module de comutaţie statică sau în cazul unor scheme cu contacte complexe. În aceste cazuri, analiza schemei este mult uşurată prin folosirea metodei simbolice.

Exemplul 7.4. Să se facă analiza schemei de comandă automată a unui ascensor, schemă redată în figura 7.6.

Întrucît drept variabile secundare (de reacţie) în schemă sînt folosite în afara variabilelor r şi c şi variabilele x, y şi z, se impune determinarea funcţiilor logice şi a variabilelor X, Y şi Z, de care depind aceste ultime variabile secundare.

Rezultă următoarele cinci funcţii logice deduse din schema de comutaţie dată:

$$R = \overline{L}_s \overline{c}\,(x \cup y \cup z),$$

$$C = \overline{L}_1\overline{L}_4\overline{r}\,(J_1 \cup J_2 \cup J_3 \cup J_p \cup c),$$

$$X = \overline{L}_1(S_1 \cup x),$$

$$Y = \overline{L}_2(S_2 \cup y),$$

$$Z = \overline{L}_3(S_3 \cup z).$$

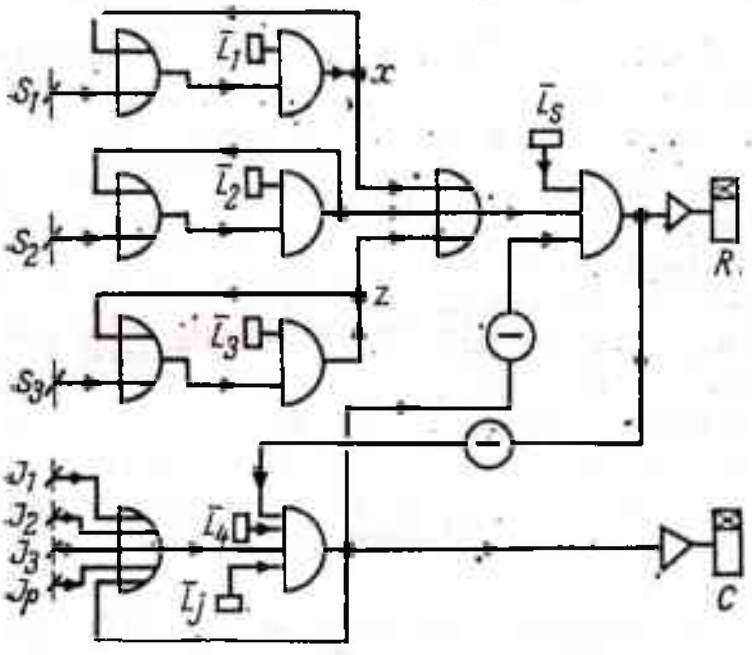


Fig. 7.6. — Comanda automată a unui ascensor (exemplul 7.4).

Simbolurile de marcare asociate lor vor fi

$$R = D^{L_1 cxyz}_{(1,\ 2,\ \ldots\ 7)}; \qquad X = D^{L_1 S_1 x}_{(1,\ 2,\ 3)},$$

$$C = D^{L_1 L_4 r J_1 J_2 J_3 J_p c}_{(1,\ 2,\ \ldots\ 37)}; \qquad Y = D^{L_2 S_2 y}_{(1,\ 2,\ 3)},$$

$$Z = D^{L_3 S_3 z}_{(1,\ 2,\ 3)}.$$

Ne propunem redarea în diagrama de faze numai a secvenței de urcare la etajul 2 și de coborîre la parter.

Comanda de urcare se dă prin apăsarea butonului cu revenire S_2. Pe parcurs sînt acționate traductoarele de poziție L_1 și L_2.

Scanned with OKEN Scanner

Abia acţionarea lui L_2 determină dezexcitarea contactorului R, prin care este conectat la reţea motorul de acţionare pentru sensul de rotaţie corespunzător urcării ascensorului.

Comanda de coborîre se dă prin apăsarea butonului cu revenire J_p. Pe parcurs sînt acţionate traductoarele de poziţie L_2 ($L_2 = 0$) şi $L_1(L_1 = 1)$. Abia cînd ascensorul ajunge la parter, fiind acţionat traductorul de poziţie L_4, ascensorul se opreşte. Controlul poziţiilor-limită sus şi jos este făcut prin limitatoarele de cursă L_s şi L_j.

Secvenţele de lucru deduse folosind simbolurile de marcare sînt date în diagrama de faze din figura 7.7. Similar se pot determina

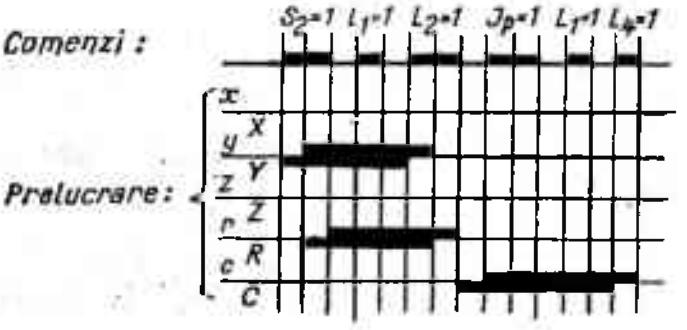


Fig. 7.7. — Diagrama de faze pentru exemplul 7.4.

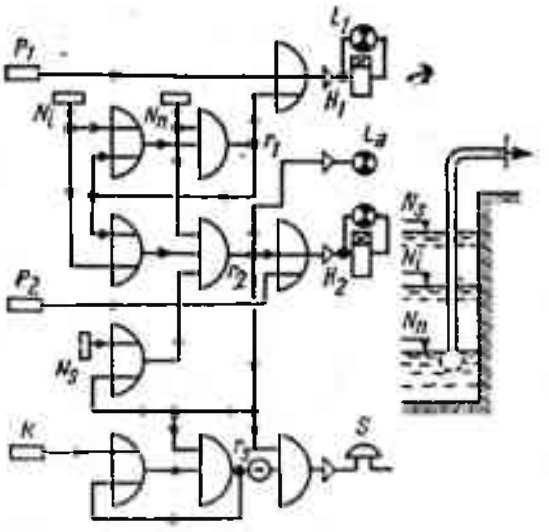


Fig. 7.8. — Comanda automată a unei instalaţii de pompare (exemplul 7.5).

şi alte secvenţe de lucru şi stări de blocare care pot interveni în funcţionarea ascensorului.

Exemplul 7.5. Să se facă analiza schemei de automatizare a unei instalaţii de pompare, schemă redată în figura 7.8.

Observarea schemei evidenţiază prezenţa a trei variabile secundare care nu sînt ataşate variabilelor de ieşire ale schemei, şi anume H_1, H_2 şi S. Pentru aceste variabile, notate în figura 7.8. prin r_1, r_2 şi r_s, vom lua în considerare variabilele de ieşire auxiliare R_1, R_2 şi R_s.

Din schema dată rezultă următoarele funcţii logice:

$$H_1 = L_1 = r_1 \cup P_1; \quad R_1 = N_n(N_i \cup r_1),$$

$$H_2 = L_2 = r_2 \cup P_2; \quad R_2 = L_a = N_n(r_1 \cup N_i)(N_s \cup r_2) =$$

$$S = r_2\bar{r}_s; \qquad = N_n r_1 N_s \cup N_n r_1 r_2 \cup$$

$$R_s = r_2(K \cup r_s); \qquad \cup N_n N_i N_s \cup N_n N_i r_2.$$

Simbolurile de marcare care corespund acestor funcţii logice vor fi

$$H_1 = L_1 = D^{P_1 r_1}_{(1,\ 2,\ 3)}; \quad S = D^{r_2 r_s}_{(2)},$$

$$H_2 = L_2 = D^{P_2 r_2}_{(1,\ 2,\ 3)}; \quad R_1 = D^{N_n N_i r_1}_{(5,\ 6,\ 7)},$$

$$R_2 = L_a = D^{N_n N_i N_s r_1 r_2}_{(23,\ 26,\ 27,\ 31,\ 33,\ 34,\ 35,\ 36,\ 37)}; \quad R_s = D^{K r_2 r_s}_{(3,\ 6,\ 7)}.$$

Redăm mai jos, schematizat, numai calculul făcut pentru determinarea numerelor de stare aferente funcţiei logice R_2:

$N_n\ N_s\ N_i\ r_1\ r_2$

$- \cdot - - \cdot \rightarrow N_n r_1 N_i \rightarrow 26\ \overset{1}{/}\ 27\ \overset{10}{/}\ 36\ 37,$

$- \cdot \cdot - - \rightarrow N_n r_1 r_2 \rightarrow 23\ \overset{4}{/}\ 27\ \overset{10}{/}\ 33\ 37,$

$- - - \cdot \cdot \rightarrow N_n N_s N_i \rightarrow 34\ \overset{1}{/}\ 35\ \overset{2}{/}\ 36\ 37,$

$- - \cdot \cdot - \rightarrow N_n N_s r_2 \rightarrow 31\ \overset{2}{/}\ 33\ \overset{4}{/}\ 35\ 37.$

Notațiile folosite sînt : N_n, N_i și N_s traductoare pentru nivelul normal, inferior și superior, iar P_1 și P_2 butoane ce oferă posibilitatea unor comenzi manuale.

Redăm mai jos schema calculului care a servit pentru determinarea secvenței de lucru a schemei. Numerotarea timpilor din diagrama de faze corespunde cu etapele calculului redat schematic mai jos :

Pentru a ușura exprimarea matematică, în indicele superior al simbolului D s-a trecut numărul binar ce corespunde combinației exprimate prin numărul de stare. Astfel, $R_1 = D^{100}$, semnifică valoarea binară a lui R_1 pentru $N_n = 1$ și $N_i = r_1 = 0$. Numărul de stare corespunzător este $(100)_8 = 4$ și corespunde, după cum se vede din simbolul de marcare asociat lui R_1, la $R_1 = 0$, întrucît acest simbol nu conține numărul de stare 4.

1) $N_n = 1$; $\rightarrow R_1 = D^{100} = 0$; $R_2 = L_a = D^{10\cdot000} = 0$,

2) $N_n = N_i = 1$; $\rightarrow R_1 = D^{110} = 1$; $R_2 = D^{11\cdot000} = 0$,

3) $N_n = N_i = 1$; $(r_1 = 1) \rightarrow H_1 = L_1 = D^{01} = 1$; $R_1 = D^{111} = 1$; $R_2 = L_a = D^{11\cdot010} = 0$,

4) $N_n = N_i = r_1 = 1$; $(N_s = 1) \rightarrow H_1 = L_1 = R_1 = 1$; $R_2 = L_a = D^{11\cdot110} = 1$,

5) $N_n = N_i = N_s = r_1 = 1$; $(r_2 = 1) \rightarrow H_1 = L_1 = R_1 = 1$; $H_2 = L_2 = D^{01} = 1$; $S = D^{10} = 1$; $R_2 = L_a = D^{11\cdot111} = 1$ $R_s = D^{010} = 0$,

6) $N_n = N_i = N_s = r_1 = r_2 = 1$; $(K = 1) \rightarrow H_1 = L_1 = R_1 = H_2 = L_2 = S = R_2 = L_a = 1$; $R_s = D^{110} = 1$,

7) $N_n = N_i = N_s = r_1 = r_2 = 1$; $(K = 0,\ r_s = 1) \rightarrow H_1 = L_1 = R_1 = H_2 = L_2 = R_2 = L_a = 1$; $S = D^{11} = 0$; $R_s = D^{011} = 1$,

8) $N_n = N_i = r_1 = r_2 = r_s = 1$; $(N_s = 0) \rightarrow H_1 = L_1 = R_1 = H_2 = L_2 = R_s = 1$; $R_2 = L_a = D^{11\cdot011} = 1$,

9) $N_n = r_1 = r_2 = r_s = 1$; $(N_i = 0) \rightarrow H_1 = L_1 = H_2 = L_2 = R_s = 1$; $R_1 = D^{101} = 1$; $R_2 = D^{10\cdot011} = 1$,

10) $r_1 = r_2 = r_s = 1$; $(N_n = 0) \rightarrow H_1 = L_1 = H_2 = R_s = 1$; $R_1 = D^{001} = 0$; $R_2 = D^{00\cdot011} = 0$,

11) $r_s = 1$; $(r_1 = r_2 = 0) \rightarrow H_1 = D^{00} = 0$; $H_2 = L_2 = D^{00} = 0$; $S = D^{01} = 0$; $R_1 = D^{000} = 0$; $R_2 = L_a = D^{00\cdot000} = 0$; $R_s = D^{001} = 0$.

Scanned with OKEN Scanner

Din diagrama de faze dedusă prin calculele de mai sus (fig. 7.9) rezultă următoarea secvență de lucru a instalației de pompe. Atît timp cît nivelul lichidului din bazinul sau din rezervorul deservit de pompe se găsește la o valoare normală ($N_n = 1$), cele două pompe acționate prin contactoarele H_1 și H_2 se găsesc în repaus.

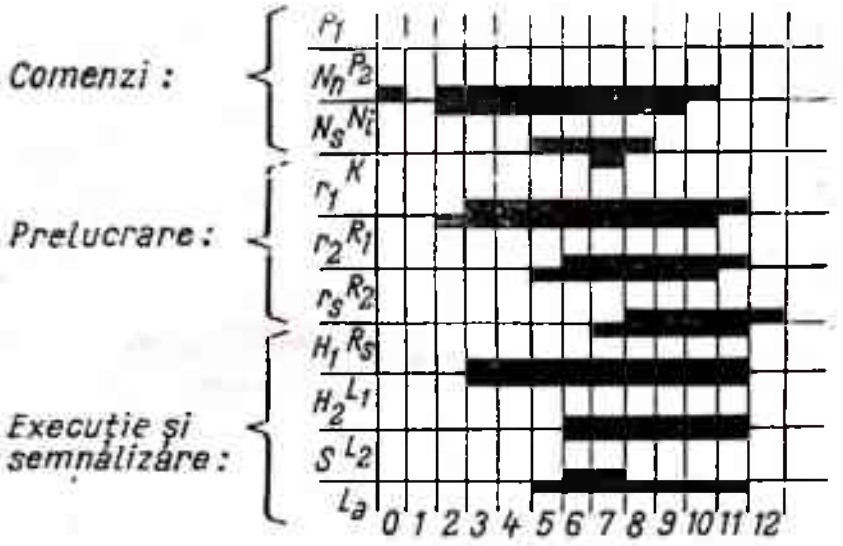


Fig. 7.9. — Diagrama de faze pentru exemplul 7.5.

Prin acumularea lichidului în bazin, nivelul crește și devine acționat și traductorul N_i (fig. 7.8). Prin aceasta se pune în funcțiune prima pompă ($H_1 = 1$) și se aprinde lampa semnalizatoare L_1 ($L_1 = 1$).

Dacă debitul de evacuare al primei pompe nu este suficient, atunci nivelul lichidului crește în continuare și la un moment dat este acționat traductorul de nivel N_s ($N_s = 1$). Prin aceasta se pune în funcțiune și a doua pompă prin intermediul contactorului H_2, se aprind lămpile semnalizatoare L_2 și L_a și sună soneria de alarmă S.

Prin intervenția operatorului uman ($K = 1$), soneria este oprită, continuînd însă să ardă lampa de semnalizare de avarie L_a. Lichidul este evacuat acum rapid prin debitul de evacuare sporit al celor două pompe, care continuă să funcționeze și după dezacționarea traductoarelor N_s și N_i. Abia traductorul N_n determină oprirea ambelor pompe și stingerea lămpilor semnalizatoare.

Schemele de comutație cu contacte conțin adesea și contacte cu temporizare mecanică. Temporizarea anclanșării acestor contacte este asigurată de diferite tipuri de mecanisme.

Scanned with OKEN Scanner

Variabilele asociate contactelor temporizate îndeplinesc rolul unor variabile primare, asigurînd tranziţiile dintre stările secvenţelor de funcţionare ale schemelor de comutaţie. Ele se vor specifica în simbolul de marcare printr-un indice ataşat variabilelor temporizate.

Variabilele asociate contactelor cu temporizare se tratează ca variabile primare numai în cazul cînd schema de comutaţie conţine şi contacte netemporizate ale aceluiaşi contactor sau releu. În cazul releelor de timp, cînd toate contactele acestora sînt temporizate, variabilele respective, asociate contactelor, se tratează ca variabile secundare. În acest caz nu mai este necesară o discriminare între contactele temporizate şi cele netemporizate, întrucît avem numai un singur tip de contacte pentru un releu sau contactor dat.

În general, analiza schemelor cu contacte oricît de complexe impune mai întîi scrierea funcţiilor logice pentru variabilele de ieşire ale schemei. Avînd cunoscute aceste formule, se determină uşor, prin procedeul exemplificat deja, numerele de stare aferente fiecărei variabile de ieşire.

Expresia logică corespunzătoare unei variabile de ieşire se scrie ca disjuncţia tuturor funcţiilor logice ale ramurilor întîlnite plecînd de la contactor sau releu către celălalt pol de tensiune pe toate căile posibile. Vom arăta aceasta prin exemplele care urmează.

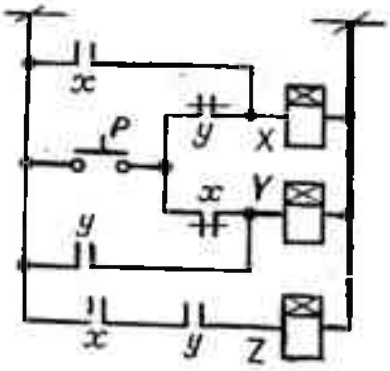


Fig. 7.10 — Schema analizată în exemplul 7.6.

Exemplul 7.6. Să se facă analiza schemei din figura 7.10, schemă care poate fi folosită pentru măsurarea timpilor de anclanşare (comutare) ai releelor şi contactoarelor.

Funcţiile logice aferente celor trei variabile de ieşire se scriu

$$X = x \cup \overline{y}P \cup \overline{y}\overline{x}y = x \cup P\overline{y},$$

$$Y = y \cup \overline{x}P \cup \overline{x}\overline{y}x = y \cup P\overline{x},$$

$$Z = xy.$$

Pentru determinarea numerelor de stare aferente termenilor acestor formule, se întocmeşte următoarea schemă de calcul:

$$
\begin{array}{llll}
P\ x\ y & & & 1\ \ 4 \\
\cdot\ -\ \cdot & \to x & \to 2 & /\ 3\ /\ 6\ \ 7, \\
 & & & 2\ \ 4 \\
\cdot\ \cdot\ - & \to y & \to 1 & /\ 3\ /\ 5\ \ 7, \\
 & & & 2 \\
-\ \cdot\ - & \to P\bar{y} & \to 4 & /\ 6, \\
 & & & 1 \\
-\ -\ \cdot & \to P\bar{x} & \to 4 & /\ 5, \\
 & & & 4 \\
\cdot\ -\ - & \to xy & \to 3 & /\ 7.
\end{array}
$$

Rezultă deci simbolul de marcare

$$F(Z, X, Y) = D^{Pxy}_{(2,\ 3,\ 4,\ 6,\ 7),\ (1,\ 3,\ 4,\ 5,\ 7),\ (3,\ 7)}.$$

Redarea secvențelor de lucru ale schemei poate fi făcută fie analitic, prin folosirea raportului de stare asociat schemei, fie grafic, prin trasarea diagramei de faze. În cazul unor scheme simple pentru care se poate stabili un raport de stare unic pentru întreaga schemă de comutație într-o formă ușor de exprimat analitic, se prefera prima cale mai simplă în acest caz.

În cazul nostru, secvențele inițiate prin apăsarea și eliberarea butonului P se vor stabili folosind raportul de stare

$$\frac{P(xy)}{Z(XY)} = \frac{n}{ZXY}.$$

Astfel, în cazul egalității timpilor de anclanșare ai contactoarelor X și $Y(\tau_x = \tau_y)$ se obține

$$\frac{0}{000} \xrightarrow{P=1} \frac{4}{110} \xrightarrow{\tau_x=\tau_y} \frac{7}{111} \xrightarrow{P=0} \frac{3}{111}.$$

În cazul inegalității timpilor de anclanșare $\tau_x \neq \tau_y$, se obține

$$(0) \xrightarrow{P=1} \frac{4}{110} \xrightarrow{\tau_x>\tau_y} \frac{5}{010} \xrightarrow{P=0} \frac{1}{010}$$

sau

$$(0) \xrightarrow{P=1} \underset{110}{4} \xrightarrow{\tau_x < \tau_y} \underset{100}{6} \xrightarrow{P=0} \underset{100}{2}.$$

Secvenţele de mai sus evidenţiază prezenţa hazardului de curse. Acest fenomen este nedorit în funcţionarea schemelor de comutaţie. În cazul nostru însă el este folosit pentru reglarea timpului de comutare a unuia dintre contactoare sau relee. În acest scop se pot folosi trei lămpi semnalizatoare, branşate în derivaţie pe cele trei contactoare sau relee. Ele vor indica starea schemei în funcţie de valoarea timpilor de comutare ai releelor sau contactoarelor X şi Y. Unul dintre aceste aparate este luat drept etalon de timp de anclanşare.

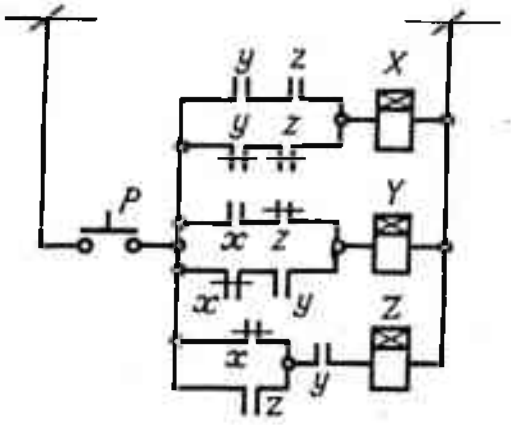


Fig. 7.11. — Schema analizată în exemplul 7.7.

Exemplul 7.7. Să se facă analiza schemei de comutaţie date în figura 7.11, schemă care poate fi folosită pentru acţionarea ciclică a unui grup de trei electromotoare sau la reclame luminoase. Se presupune că timpii de anclanşare ai celor trei contactoare au fost reglaţi corespunzător cerinţelor schemei.

Cele trei funcţii logice ale schemei se vor scrie astfel:

$$X = Pyz \cup P\bar{y}\bar{z} = D^{Pxyz}_{(10,\ 13,\ 14,\ 17)},$$

$$Y = Px\bar{z} \cup P\bar{x}y = D^{Pxyz}_{(12,\ 13,\ 14,\ 16)},$$

$$Z = P\bar{x}y \cup Pyz = D^{Pxyz}_{(12,\ 13,\ 17)}.$$

Simbolul de marcare rezultant va fi

$$F(X, Y, Z) = D^{Pxyz}_{(10,\ 13,\ 14,\ 17)\ (12,\ 13,\ 14,\ 16),\ (12,\ 13,\ 17)}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Raportul de stare al schemei fiind

$$\frac{P(xyz)}{XYZ} = \frac{n}{XYZ},$$

rezultă următoarea secvență de lucru a schemei inițiată, prin închiderea întrerupătorului P:

$$\frac{0}{000} \xrightarrow{P=1} \frac{10}{100} \rightarrow \frac{14}{110} \rightarrow \frac{16}{010} \rightarrow \frac{12}{011} \rightarrow \frac{13}{111} \rightarrow \frac{17}{101} \rightarrow \frac{15}{000} \rightarrow (10) \ldots$$

Exemplul 7.8. Să se facă analiza schemei combinaționale din figura 7.12.

Funcția logică a schemei se scrie

$$X = \bar{c}\bar{b}\bar{a} \cup \bar{c}ba \cup cb\bar{a} \cup c\bar{b}a = D^{abc}_{(0,\,3,\,5,\,6)}.$$

Exemplul 7.9. Să se facă analiza schemei combinaționale din figura 7.13.

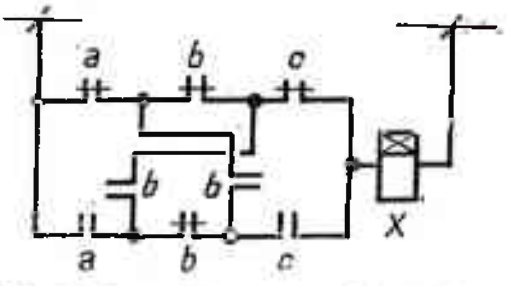


Fig. 7.12. — Schema analizată în exemplul 7.8.

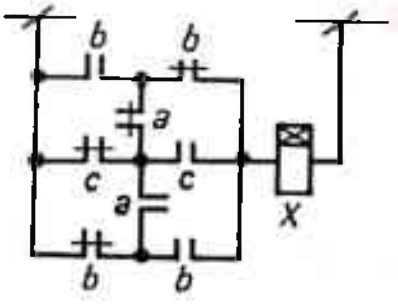


Fig. 7.13. — Schema analizată în exemplul 7.9.

Funcția logică a schemei se scrie

$$X = \bar{b}\bar{a}\bar{c} \cup c\bar{a}b \cup ca\bar{b} \cup ba\bar{c} = D^{abc}_{(0,\,3,\,5,\,6)}.$$

Remarcăm că întrucît simbolurile de marcare ale schemelor din figurile 7.12 și 7.13 sînt identice, cele două scheme sînt funcțional echivalente. Exemplele 7.8 și 7.9 au fost alese pentru a arăta cum prin marcarea schemelor cu ajutorul simbolului de marcare putem ușor descoperi identitatea funcțională a unor scheme diferite ca structură fizică și aparent diferite și ca funcționare.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 8

ANALIZA SCHEMEI DE AUTOMATIZARE A UNEI CARDE DE BUMBAC

În cele ce urmează vom expune metodica folosită pentru analiza unei mașini automate complexe, acest mod de analiză putînd servi drept ghid pentru alte cazuri similare.

Pentru a face posibilă analiza acestui sistem automat, a fost necesar să atașăm fiecărui buton sau cheie de comandă cîte o variabilă binară. Această variabilă are valoarea binară 1, dacă butonul sau cheia de comandă sînt acționate și are valoarea binară 0, dacă acestea nu sînt acționate.

Semnificația notațiilor făcute în figura 8.1, care redă panoul de comandă și semnalizare optică, este : O_p-buton pentru comanda opririi perietorului cardei, P_i-buton pentru comanda mișcării perietorului cu viteză mică, P_r-buton pentru comanda mișcării perietorului cu viteză mare (de regim), O_m-buton de comandă a opririi motorului principal de acționare, K_s-cheie de sens și K_a-cheie de automatizare prin care mașina poate fi făcută să funcționeze automat sau cu comandă manuală (neautomat).

Comanda de oprire a perietorului se poate face din două locuri și anume : din față și din spatele cardei, folosind în acest scop butoanele notate cu O_{ps} și O_{pf}. Practic însă, starea binară a acestei comenzi este descrisă de variabila $O_p = O_{ps} = O_{pf}$.

Starea lămpilor de semnalizare optică este descrisă prin variabilele binare L_r-lampă roșie, care indică perietorul oprit, L_g-lampă galbenă, care indică starea de viteză redusă a perietorului, L_v-lampă verde, care indică sulul micșorat, L_{b1}-lampă albastră, care indică pătura de bumbac prea groasă, L_{b2}-lampă albastră, care indică ruperea benzii la cană, L_{b3}-lampă albastră, care indică atingerea lungimii programate a benzii din cană, L_m-lampă cu neon, care indică starea de funcționare a motorului principal și L-lampă cu neon, care indică prezența tensiunii electrice de alimentare.

Lampa L_{r1}-arată dacă perietorul este în repaos sau se rotește cu viteză mică iar lampa L_{a1}-indică sulul cu pătură de bumbac

Scanned with OKEN Scanner

micșorat. Aceste două lămpi sînt montate în partea superioară a cardei și pot fi observate de la distanță de personalul de deservire.

Carda de bumbac Platts, care face obiectul acestei analize, este acționată de un motor principal M_p, care antrenează perietorul și tamburul principal al cardei și de un servomotor M_s, care este necesar pentru schimbarea variatorului de viteză pentru perietor.

Schema monofilară a circuitului de forță a cardei este dată în figura 8.2.

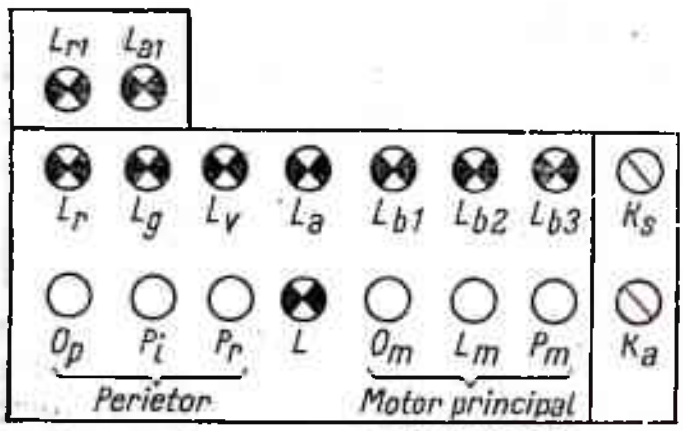


Fig. 8.1. — Panoul de comandă și semnalizare optică.

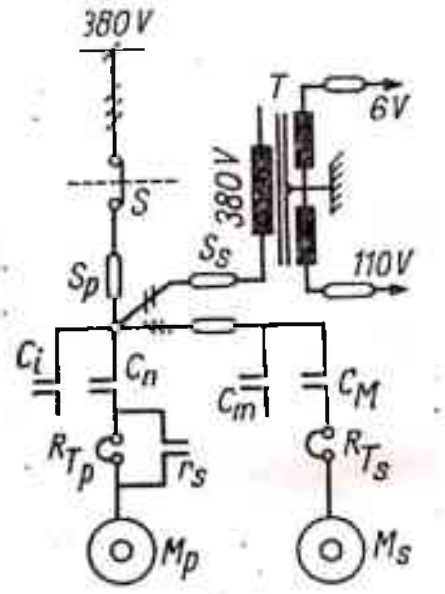


Fig. 8.2. — Schema de acționare electrică a cardei.

În structura acestui circuit intră separatorul S, siguranțele fuzibile de protecție la suprasarcini mari de scurtă durată S_p, releele termice R_{Tp} și R_{Ts}, pentru protecția la suprasarcini mici, dar de lungă durată, contactele contactoarelor C_n și C_i, care conectează motorul principal al cardei la rețeaua de alimentare pentru cele două sensuri posibile de rotație, normal (C_n) și invers (C_i), contactele r_s ale releului R_s de șuntare a rezistoarelor R_{Tp} pe durata pornirii motorului și contactele contactoarelor care cuplează servomotorul M_s, pentru viteza mare a perietorului (C_M) și pentru viteza mică a acestuia (Cm). Grupul de contacte c_m și c_i, asigură o succesiune inversă a fazelor de alimentare a celor două motoare, în raport cu succesiunea fazelor asigurată prin contactele c_n și c_M.

Transformatorul T, furnizează prin secundarele sale cele două tensiuni necesare alimentării schemei de comandă automată a cardei.

Cuplarea motorului M_p cu perietorul este asigurată prin intermediul cuplei electromagnetice K_e (fig. 8.3), alimentate cu tensiunea redresată de redresorul R_d. Reglarea cuplei electromagnetice (a curentului ei) se face prin reostatul R_n.

Controlul automat al vitezei perietorului este efectuat prin intermediul microîntrerupătoarelor M_m și M_M, care limitează deplasarea lanțului pe discurile conice ale variatorului de viteză cu ajutorul servomotorului M_s, pozițiile limită pentru viteza mică fiind controlate de M_m, iar pentru viteza mare, de M_M.

Controlul grosimii păturii de bumbac alimentate este efectuat prin microîntrerupătoarele M_g, controlul lungimii benzii de bumbac debitate în cană este efectuat prin microîntrerupătorul M_l, iar micșorarea sulului sub limita permisă este sesizată prin microîntrerupătorul M_s. Traductorul cu role T_r, este folosit pentru a sesiza ruperea sau terminarea benzii debitate, precum și abaterile inadmisibile ale grosimii benzii.

Pentru executarea comenzilor date de la panoul de comandă și pentru prelucrarea logică a tuturor informațiilor care intervin în funcționarea cardei, sînt folosite un număr de 15 relee și contactoare, cărora li se atașează variabilele binare date mai jos:

C_n și C_i-contactorul de sens normal și de sens invers pentru cuplarea la rețea a lui M_p.

C_m și C_M-contactorul de viteză mică și de viteză mare, pentru cuplarea la rețea a lui M_s.

R_s — releu de șuntare a rezistoarelor releului termic R_{Tp}.
R_t — releu de timp.
R_c — releul contorului de lungime a benzii debitate în cană.
R_p — releul de cuplare a perietorului.
R_m — releu pentru viteza mică a perietorului.
R_g — releu pentru depășirea grosimii permise a păturii alimentate.
R_{bm} — releul butonului de viteză mică a perietorului.
R_a — releul de alimentare a circuitului de semnalizare optică.
R_M — releul pentru viteza mare a perietorului.
R_{sm} — releul sulului cu pătură micșorat.
R_{rr} — releu pentru rolele traductorului T_r.

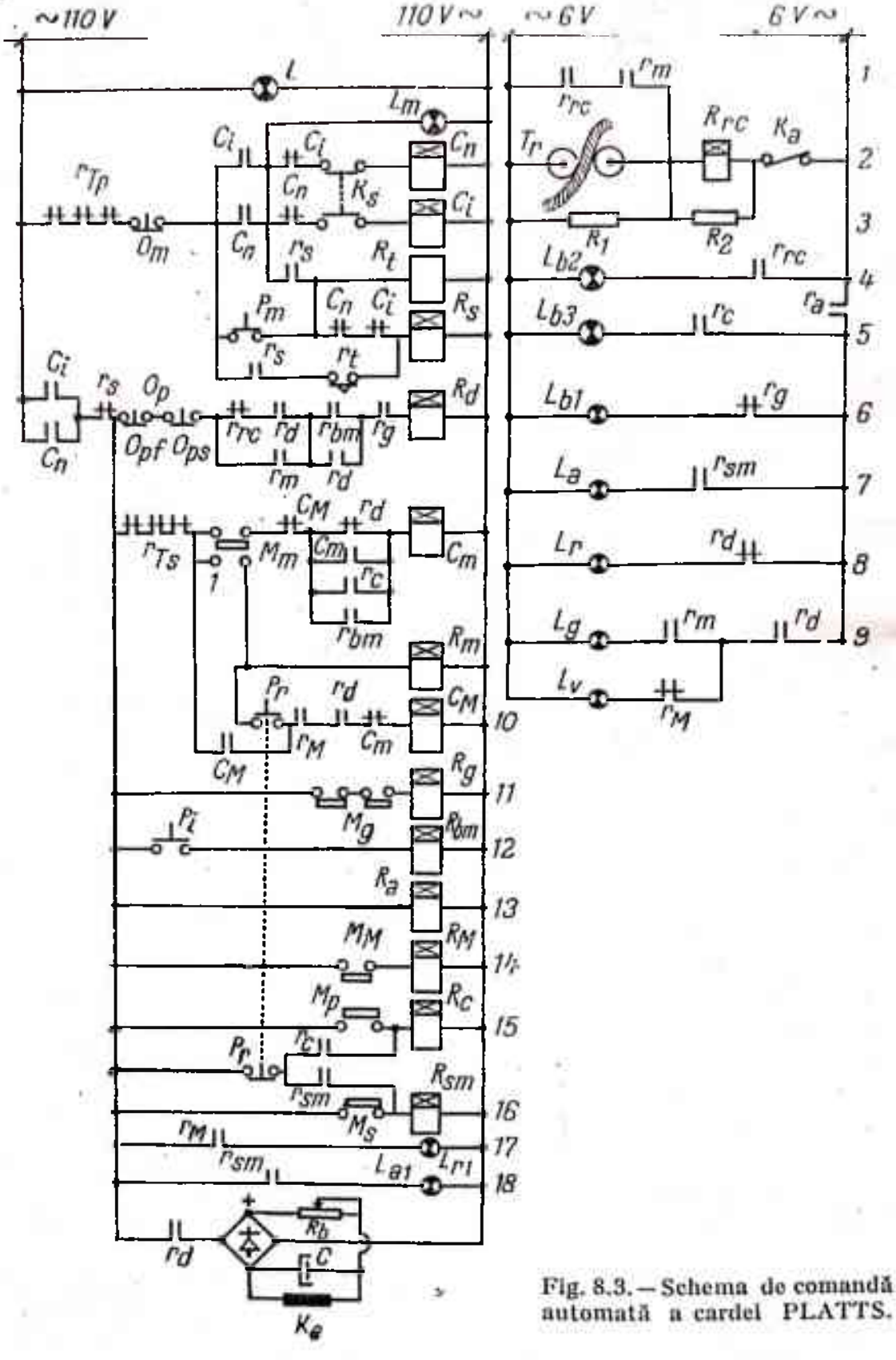


Fig. 8.3. — Schema de comandă automată a cardei PLATTS.

Scanned with OKEN Scanner

Toate contactele acestor contactoare și relee electromagnetice se vor nota prin literele mici corespunzătoare, păstrînd neschimbați indicii.

Cele două părți ale schemei de comandă automată a cardei Platts sînt date în figura 8.3.

Partea de comandă automată a cardei cuprinde contactele releelor termice și cele acționate manual sau pe cale mecanică; partea de prelucrare logică a informațiilor este reprezentată de cele 15 relee și contactoare electromagnetice; partea de semnalizare optică este reprezentată de lămpile semnalizatoare, iar partea de execuție este reprezentată de cupla electromagnetică K_c, servomotorul M_s și motorul principal M_p. Cele două sensuri posibile de rotație ale electromotoarelor le vom reprezenta prin variabilele binare M_{pn} și M_{pi}, respectiv: M_{sm} și M_{sM}.

Convenim ca starea diferitelor părți ale automatului finit reprezentat de schema analizată, în diferite momente de timp, să o redăm în formă codificată prin numere exprimate în codul octal. În acest scop, formăm șirurile de variabile care definesc starea celor patru părți ale automatului. Aceste șiruri sînt următoarele:

Partea de comandă (C)

$$O_p P_i P_r \cdot O_m P_n K_s \cdot K_a r_{Tp} r_{Ts} \cdot M_m M_M M_g \cdot M_1 M_s T_r .$$

Partea de prelucrare logică (PL)

$$\frac{c_n c_i r_t \cdot r_s r_p c_m \cdot r_m c_M r_g \cdot r_{tm} r_{aM} \cdot r_c r_{sm} r_{rc}}{C_n C_i R_t \cdot R_s R_p C_m \cdot R_m C_M R_g \cdot R_{tm} R_a R_M \cdot R_c R_{sm} R_{rc}} .$$

Partea de semnalizare optică (S)

$$LL_m \cdot L_{r1} L_{a1} L_v \cdot L_g L_t L_a \cdot L_{b1} L_{b2} L_{b3} .$$

Partea de execuție (E)

$$M_{pn} M_{pi} \cdot M_{sm} M_{sM} K_c .$$

Înlocuind cu 1 sau 0 variabilele binare din aceste șiruri se obțin numere binare, care apoi pot fi ușor convertite în numere octale. Raportul de stare care folosește aceste numere poate reda în formă codificată diferitele secvențe de lucru ale automatului.

Scanned with OKEN Scanner

În scopul găsirii acestor secvențe ne putem folosi fie de schema de comutație (fig. 8.3) fie de expresiile logice care descriu funcțiile logice ale diferitelor elemente ale acestei scheme, expresii care se pot scrie imediat folosind această schemă. Noi vom alege calea a doua, pe care o considerăm mai ușoară în cazul schemelor de comutație dinamică. În cazul schemelor de comutație statică, calea a doua este cea mai indicată și uneori cînd schema este complexă, unica cale posibilă de analiză completă.

În funcționarea cardei Platts, distingem următoarele secvențe principale de funcționare :

a) SECVENȚA DE PORNIRE A MOTORULUI PRINCIPAL AL CARDEI

Comanda de pornire a motorului principal al cardei se dă prin apăsarea butonului de comandă P_m. Prin aceasta, după cum se vede din schema dată în figura 8.3, este pusă sub tensiune bobina releului de șuntare R_s și cea a releului de timp R_t.

Codificat, aceasta se exprimă prin stările următoare :

$$\frac{0}{0} \xrightarrow{P_m=1} \frac{0}{14.000}$$

Contactele r_s se închid înaintea contactelor r_t și prin aceasta este pusă sub tensiune bobina contactorului de sens normal C_n a motorului M_p. Schema trece prin stările

$$\frac{0}{14.000} \xrightarrow{r_s=1} \frac{4.000}{54.000}.$$

După închiderea contactelor c_n ale contactorului C_n, putem ridica mîna de pe butonul P_m, starea schemei nemodificîndu-se pînă cînd are loc anclanșarea contactelor temporizate r_t. Acestea determină, după cum se deduce din schemă, dezexcitarea bobinei releului R_s. Codificat, aceasta se scrie astfel

$$\frac{4.000}{54.000} \xrightarrow{c_n=1} \frac{44.000}{54.000} \xrightarrow{P_m=0} \frac{44.000}{54.000} \xrightarrow{r_t=1} \frac{54.000}{50.000}.$$

Dezanclanșarea contactelor r_s, după cum rezultă din analiza schemei din figura 8.3, întrerupe curentul bobinelor R_t și R_s prin intermediul contactelor de pe liniile 4, și 5, iar prin închiderea

contactului de pe linia 6, pune sub tensiune releele : C_m, R_g, R_a și R_M. Codificat, aceasta se exprimă astfel

$$\frac{54.000}{50.000} \xrightarrow{r_g=0} \frac{50.000}{41.130}.$$

Anclanșarea sau dezanclanșarea contactelor acestor relee și contactoare nu modifică starea schemei, adică

$$\frac{50.000}{41.130} \xrightarrow{r_t=0;\ c_m=r_g-r_a-r_M=1} \frac{41.130}{41.130}.$$

Ieșirea schemei din starea stabilă, exprimată prin ultimul raport, nu este posibilă decît prin intervenția unei variabile din partea de comandă a schemei. Această variabilă descrie starea microîntrerupătorului M_m, care controlează poziția lanțului pe discurile conice ale variatorului de viteză. În momentul cînd starea variatorului corespunde vitezei mici, devine acționat M_m (de pe liniile 7—8) care trece pe poziția 1, punînd sub tensiune bobina releului R_m și întrerupînd curentul prin C_m.

Codificat, aceasta se scrie

$$\frac{41.130}{41.130} \xrightarrow{M_m=1} \frac{41.130}{40.530} \xrightarrow{r_m=1;\ c_m=0} \frac{40.530}{40.530}.$$

Se ajunge astfel într-o nouă stare stabilă, pregătitoare altei secvențe de lucru a mașinii.

Evoluția în timp a părții de comandă, semnalizare și execuție a schemei de comandă automată, pe durata secvenței de mai sus, se descrie codificat astfel :

$$C: \quad 0 \xrightarrow{P_m=1} 2.000 \xrightarrow{P_m=0} 0 \xrightarrow{M_m=1} 40$$

$$S: \quad 2.000 \xrightarrow{r_g=1} 3.000 \xrightarrow{r_a=r_M=1} 3.420$$

$$E: \quad 0 \xrightarrow{c_m=1} 20 \xrightarrow{c_m=1} 24 \xrightarrow{c_m=0} 20$$

Urmărind toate schimbările variabilelor notate în secvența de mai sus (deasupra săgeților) și analizînd modificările determinate de acestea în partea de comandă, semnalizare și execuție, se deduc ușor stările descrise de tranzițiile de mai sus.

Scanned with OKEN Scanner

Presupunînd că deducerea stărilor secvenței de pornire a motorului M_p rezultă din prezentarea analitică de mai sus, vom interpreta doar starea finală a cardei.

Astfel, numărul $40.530_{(8)}$ ne arată că în urma secvenței inițiată prin apăsarea butonului P_m, care e suficient a fi apăsat numai pînă anclanșează releul R_r, devin în final acționate contactoarele și releele C_m, R_m, R_p, R_a și R_M. Numărul $40_{(8)}$ redă în formă codificată faptul că prin acționarea lui P_m și apoi dezacționarea sa, avem: $M_m = 1$.

Numărul $3.420_{(8)}$, ne arată că în final sînt aprinse lămpile semnalizatoare L, L_m, L_{r1} și L_r, iar numărul $10_{(8)}$, ne arată că în final motorul M_p se rotește în sensul normal, adică $M_{pn} = 1$.

Similar se interpretează și celelalte secvențe și stări finale, date mai jos.

b) SECVENȚA DE PORNIRE A PERIETORULUI CU VITEZA MICĂ

$$PL: \frac{40.530}{40.530} \xrightarrow{P_i=1} \frac{40.530}{40.570} \xrightarrow{r_{bm}=1} \frac{40.570}{42.570} \xrightarrow{r_p=1} \frac{42.570}{42.570}$$

$$\xrightarrow{P_i=0} \frac{42.570}{42.530} \xrightarrow{r_{bm}=0} \frac{42.530}{42.530}.$$

$$S: \quad 3.420 \xrightarrow{r_p=1} 3.440.$$

$$E: \quad 10 \xrightarrow{r_p=1} 11.$$

c) SECVENȚA DE PORNIRE A PERIETORULUI CU VITEZĂ MARE

$$PL: \frac{42.530}{42.530} \xrightarrow{P_r=1} \frac{42.530}{42.730} \xrightarrow{c_M=1} \frac{42.730}{42.730} \xrightarrow{P_r=0} \frac{42.730}{42.730} \xrightarrow{M_m=0} \frac{42.730}{42.330}$$

$$\xrightarrow{r_m=0} \frac{42.330}{42.330} \xrightarrow{M_M=1} \frac{42.330}{42.320} \xrightarrow{r_M=0} \frac{42.320}{42.120} \xrightarrow{c_M=0} \frac{42.120}{42.120}.$$

$$S: \quad 3.440 \xrightarrow{r_m=0} 3.400 \xrightarrow{r_M=0} 3.100.$$

$$E: \quad 11 \xrightarrow{c_M=1} 15 \xrightarrow{c_M=0} 11.$$

Scanned with OKEN Scanner

d) SECVENȚA DE OPRIRE A PERIETORULUI

$$PL: \frac{42.120}{42.120} \xrightarrow{o_p=1} \frac{42.120}{42.120} \xrightarrow{r_p=0} \frac{40.120}{42.120} \xrightarrow{o_p=0} \frac{40.120}{41.120} \xrightarrow{c_m=1}$$

$$\frac{41.120}{41.120} \xrightarrow{M_m=0} \frac{41.120}{41.130} \xrightarrow{r_M=1} \frac{41.130}{41.130} \xrightarrow{M_m=1}$$

$$\frac{41.130}{40.530} \xrightarrow{c_m=0;\ r_m=1} \frac{40.530}{40.530}.$$

$$S: \quad 3.100 \xrightarrow{r_p=0} 3.020 \xrightarrow{r_M=1} 3.420.$$

$$E: \quad 11 \xrightarrow{r_p=0} 10 \xrightarrow{c_m=1} 12 \xrightarrow{r_m=0} 10.$$

e) ATINGEREA LUNGIMII PROGRAMATE A BENZII DEPUSE ÎN CANĂ

$$PL: \frac{42.120}{42.120} \xrightarrow{M_l=1} \frac{42.120}{42.124} \xrightarrow{r_c=1} \frac{42.124}{43.124} \xrightarrow{M_l=0} \frac{42.124}{43.124} \xrightarrow{c_m=1}$$

$$\frac{43.124}{43.124} \xrightarrow{M_M=0} \frac{43.124}{43.134} \xrightarrow{r_M=1} \frac{43.134}{43.134} \xrightarrow{M_m=1}$$

$$\frac{43.134}{42.534} \xrightarrow{c_m=0;\ r_m=1} \frac{42.534}{42.534}.$$

$$S: \quad 3.100 \xrightarrow{r_c=1} 3.101 \xrightarrow{r_M=1} 3.401 \xrightarrow{r_m=1} 3.441.$$

$$E: \quad 11 \xrightarrow{c_m=1} 15 \xrightarrow{r_m=0} 11.$$

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se înlocuiește cana și se apasă pe butonul P_r, se obține secvența :

$$PL: \frac{42.534}{42.534} \xrightarrow{P_r=1} \frac{42.534}{42.730} \xrightarrow{r_c=0;\ c_M=1} \frac{42.730}{42.730} \xrightarrow{P_r=0}$$

$$\frac{42.730}{42.730} \xrightarrow{M_m=0} \frac{42.730}{42.330} \xrightarrow{r_m=0} \frac{42.330}{42.330} \xrightarrow{M_M=1}$$

$$\frac{42.330}{42.320} \xrightarrow{r_M=0} \frac{42.320}{42.120} \xrightarrow{c_M=0} \frac{42.120}{42.120}.$$

$$S: \quad 3.441 \xrightarrow{r_c=0} 3.440 \xrightarrow{r_m=0} 3.400 \xrightarrow{r_M=0} 3.100.$$

$$E: \quad 11 \xrightarrow{c_M=1} 15 \xrightarrow{c_M=0} 11.$$

f) DEPĂȘIREA GROSIMII PĂTURII

$$PL: \frac{42.120}{42.120} \xrightarrow{M_g=1} \frac{42.120}{42.020} \xrightarrow{r_g=0} \frac{42.020}{42.020} \xrightarrow{r_p=0} \frac{40.020}{41.020} \xrightarrow{c_m=1}$$

$$\frac{41.020}{41.020} \xrightarrow{M_M=0} \frac{41.020}{41.030} \xrightarrow{r_M=1} \frac{41.030}{41.030} \xrightarrow{M_m=1}$$

$$\frac{41.030}{40.430} \xrightarrow{c_m=0;\ r_m=1} \frac{40.430}{40.430}.$$

$$S: \quad 3.100 \xrightarrow{r_g=0} 3.104 \xrightarrow{r_p=0} 3.024 \xrightarrow{r_M=1} 3.424.$$

$$E: \quad 11 \xrightarrow{r_p=0} 10 \xrightarrow{c_m=1} 12 \xrightarrow{c_m=0} 10.$$

Scanned with OKEN Scanner

g) MICȘORAREA SULULUI CU PĂTURĂ SUB LIMITA PERMISĂ

$$PL: \frac{42.120}{42.120} \xrightarrow{M_s=1} \frac{42.120}{42.122} \xrightarrow{r_{sm}=1} \frac{42.122}{42.122} \xrightarrow{M_s=0} \frac{42.122}{42.122}.$$

$$S: \quad 3.100 \xrightarrow{r_{sm}=1} 3.310; \quad E: \ 11.$$

h) INTERVENȚIA TRADUCTORULUI CU ROLE DE LA CANĂ

$$PL: \frac{42.122}{42.122} \xrightarrow{T_r=1} \frac{42.122}{42.123} \xrightarrow{r_{rc}=1} \frac{42.123}{40.123} \xrightarrow{r_p=0}$$

$$\frac{40.123}{41.123} \xrightarrow{c_m=1} \frac{41.123}{41.123} \xrightarrow{M_M=0} \frac{41.123}{41.133} \xrightarrow{r_M=1} \frac{41.133}{41.133} \xrightarrow{M_m=1}$$

$$\frac{41.133}{40.533} \xrightarrow{c_m=0;\ r_m=1} \frac{40.533}{40.533} \xrightarrow{T_r=0} \frac{40.533}{40.533}.$$

$$S: \quad 3.310 \xrightarrow{r_{rc}=1} 3.312 \xrightarrow{r_p=0} 3.232 \xrightarrow{r_M=1} 3.632.$$

$$E: \qquad 11 \xrightarrow{r_p=0} 10 \xrightarrow{c_m=1} 12 \xrightarrow{c_m=0} 10.$$

i) OPRIREA MAȘINII

$$PL: \frac{42.120}{42.120} \xrightarrow{o_m=1} \frac{42.120}{2.120} \xrightarrow{c_n=0} \frac{2.120}{0} \longrightarrow 0.$$

$$S: \qquad 11 \xrightarrow{c_n=0} 10. \quad E: \ 0.$$

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 9

TRANSFORMAREA SCHEMELOR CU CONTACTE

Procesul de sinteză a unei scheme de comutație ne conduce, de regulă, la structurarea (realizarea practică) unei scheme π (fig. 9.1 *a*). În acest caz, starea aparatelor sau a dispozitivelor C_n, depinde de funcțiile de lucru f_n ale circuitelor de comutație care controlează starea acestora.

Adesea, prin transformarea schemei π într-o schemă echivalentă stelată (fig. 9.1*b*), în triunghiu simplu sau multiplu (fig. 9.1*c*) ori în punte (fig. 9.1*d*) se poate obține o realizare mai eco-

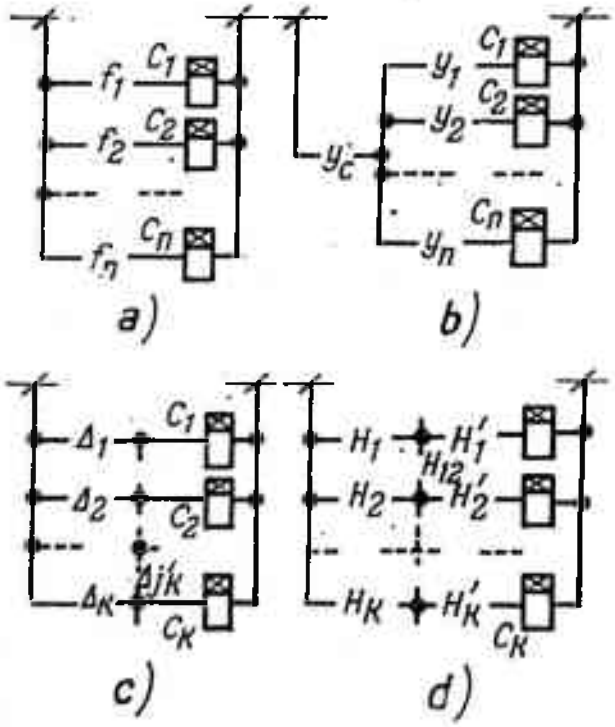


Fig. 9.1. — Transformarea schemei $\pi(a)$ într-o schemă stelată (b), în triunghiu multiplu (c) sau în punte (d).

nomică a schemei printr-o reducere a numărului de contacte. În acest scop se folosește curent metoda matriceală, expusă în [72, p. 162—175].

În cele ce urmează se arată că în scopul propus se poate folosi o metodă simbolică, bazată pe proprietățile conjuncției simbolurilor de marcare exprimate prin formulele (3.16)—(3.18).

În cazul transformării unei scheme π într-o schemă echivalentă stelată, trebuie satisfăcute relațiile de echivalență date de

$$f_k = y_c y_k \quad (k = 1, 2, \ldots, n). \tag{9.1}$$

Aceste relații redau analitic echivalența funcțională a celor două scheme.

Presupunem că funcțiile logice inițiale f_k, ale bazei stelei y_c și celor k ramuri ale ei y_k sînt reprezentate prin simboluri de marcare avînd același indice superior.

Pentru satisfacerea relațiilor de echivalență (9.1), avînd în vedere proprietățile conjuncției a două simboluri de marcare date de formulele (3.16)—(3.18), este necesar ca:

a) simbolurile y_k să conțină obligatoriu toate numerele de stare care definesc pe f_k, iar simbolul y_c să conțină obligatoriu cîte un reprezentant al numerelor de stare comune tuturor funcțiilor f_k;

b) în scopul formării de grupe de numere de stare adiacente cît mai mari care conduc la scheme cu număr minim de contacte, putem adăuga numere de stare arbitrare cu condiția ca acestea să nu fie comune simbolurilor lui y_c și y_k.

În cazul transformării unei scheme π într-o schemă echivalentă în triunghiu simplu (fig. 9.1*c*), relațiile de echivalență rezultă din expresiile logice aferente schemei de comutație și ele sînt

$$\begin{aligned} f_1 &= \Delta_1 \cup \Delta_2 \Delta_{12}, \\ f_2 &= \Delta_2 \cup \Delta_1 \Delta_{12}. \end{aligned} \tag{9.2}$$

În cazul cînd schema este definită prin trei funcții logice, schema echivalentă reprezintă un triunghiu multiplu, iar relațiile de echivalență se deduc prin permutarea indicilor în formula

$$f_1 = \Delta_1 \cup \Delta_2 (\Delta_{12} \cup \Delta_{13} \Delta_{23}) \cup \Delta_3 (\Delta_{13} \cup \Delta_{12} \Delta_{23}). \tag{9.3}$$

Relații de echivalență similare se pot deduce și pentru cazul cînd schema de comutație este definită prin mai mult de trei funcții

logice. Ele se deduc făcînd uz de legile algebrei booleene care se folosesc la descrierea schemelor cu contacte prin expresii logice.

Avînd în vedere proprietăţile produsului mai multor simboluri de marcare cu acelaşi indice superior, se pot stabili următoarele reguli ale transformării triunghiulare:

a) simbolurile de marcare Δ_k, luate separat, trebuie să cuprindă obligatoriu numerele de stare specifice numai funcţiei f_k. Pentru cuprinderea acestor numere de stare în grupe de numere de stare adiacente cît mai mari, se pot adăuga, în măsura în care aceasta e necesar, numere de stare noi, dar numai dintre cele cuprinse de funcţia f_k. Dacă simbolul f_k cuprinde numai numere de stare comune şi cel puţin una dintre celelalte funcţii logice, latura Δ_k poate lipsi din schema echivalentă, evident în cazul cînd prin aceasta restul celorlalte condiţii rămîn satisfăcute;

b) numerele de stare comune la două funcţii logice trebuie cuprinse cel puţin într-unul din simbolurile de marcare Δ_k specifice acestor funcţii;

c) simbolurile de marcare Δ_{jk} trebuie să cuprindă obligatoriu numerele de stare comune simbolurilor f_j şi f_k, cuprinse numai într-unul din simbolurile Δ_k sau Δ_j. Dacă astfel de numere de stare nu există, ramura Δ_{jk} lipseşte din schema echivalentă.

De asemenea puntea de legătură lipseşte şi atunci cînd laturile ce s-ar putea uni nu au nici un număr de stare comun.

În scopul formării unor grupe de numere de stare adiacente cît mai mari, se pot adăuga numere de stare arbitrare dintre cele neconţinute de funcţiile logice care definesc schema sau dintre cele comune simbolurilor Δ_j şi Δ_k.

În cazul transformării unei scheme π într-o schemă echivalentă în punte (fig. 9.1*d*), trebuie satisfăcute relaţii de echivalenţă de tipul

$$f_k = H_k F_k. \tag{9.4}$$

O astfel de problemă poate fi pusă atunci cînd funcţiile logice f_k permit scoaterea în factor a unor termeni cum este H'_k. În acest caz, problema se reduce la găsirea schemei echivalente triunghiulare pentru situaţia cînd locul funcţiilor logice f_k este luat de factorii F_k.

În fine, mai putem întîlni cazul cînd este posibilă o transformare mixtă. O astfel de situaţie se poate ivi atunci cînd, în urma transformării schemei într-una echivalentă stelată sau triunghiulară,

Scanned with OKEN Scanner

apare posibilitatea de a transforma din nou o parte a schemei din stea în triunghiu sau invers.

În toate cazurile cînd se cere găsirea unei scheme echivalente este necesară structurarea simbolurilor de marcare care definesc funcțiile

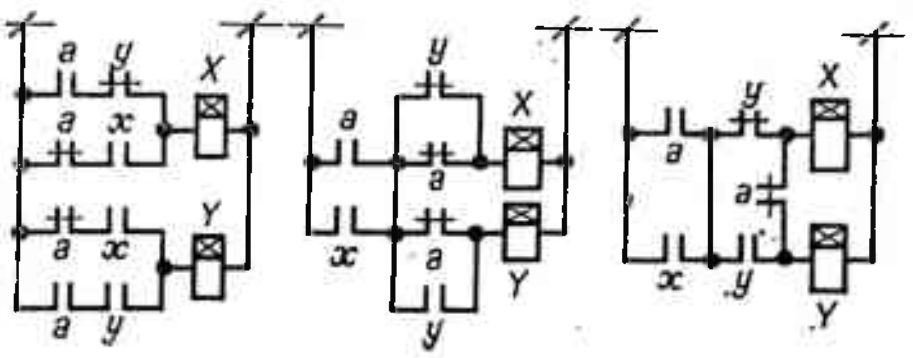


Fig. 9.2. — Scheme echivalente pentru comanda automată a avansului longitudinal la un strung revolver.

logice ale schemei de comutație. Găsirea acestor simboluri pe o cale foarte expeditivă a fost arătată în capitolul 7.

În cele ce urmează vom arăta aplicabilitatea metodei simbolice de transformare a schemelor cu contacte prin exemple luate din practica acționărilor electrice automatizate.

Exemplul 9.1. Ne propunem să găsim schemele echivalente celei date în figura 9.2*a*, schemă luată din lucrarea [6, p. 64—66].

Schema dată corespunde următoarelor funcții logice și simboluri de marcare:

$$X = a\bar{y} \cup \bar{a}x = D^{axy}_{(2,\ 3,\ 4,\ 6)},$$

$$Y = ay \cup \bar{a}x = D^{axy}_{(2,\ 3,\ 5,\ 7)};$$

Schema echivalentă stelată, dedusă folosind regulile expuse anterior, rezultă din

$$F(X, Y) = D^{axy}_{(2,\ 3,\ 4,\ 5,\ 6,\ 7)} \cdot D^{axy}_{(0,\ 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 6),\ (0,\ 1,\ 2,\ 3,\ 5,\ 7)} =$$

$$= (a \cup x)\,[(\bar{a} \cup \bar{y}), (\bar{a} \cup y)].$$

Scanned with OKEN Scanner

Ultima formă de scriere a funcției logice $F(X, Y)$ evidențiază posibilitatea de a folosi în comun, pentru circuitul lui X și pentru cel al lui Y, termenul $(a \cup x)$. În același timp această formă reprezintă o exprimare mai concentrată a conținutului expresiei logice.

Numerele de stare (0) și (1) au fost adăugate arbitrar în scopul formării unor grupe de numere de stare adiacente mai mari. Găsirea implicanților primi care corespunde simbolurilor de marcare s-a făcut folosind metoda simbolică de minimizare, expusă în capitolul 6. Formarea acestor implicanți a sugerat ideea adăugării numerelor de stare amintite.

Astfel s-au format mai întîi grupările aferente funcției logice X, folosind numai numerele de stare cuprinse de simbolul de marcare dat. S-a obținut astfel

$$\begin{matrix} 1 & & 2 \\ 2 / 3 & \text{și} & 4 / 6. \end{matrix}$$

Adăugarea numerelor de stare (0) și (1) arbitrare permite formarea unor grupări mai mari, și anume

$$\begin{matrix} 1\ \ 2 & & 2\ \ 4 \\ 2 / 3 / 0\ 1 & \text{și} & 4 / 6 / 0\ 2. \end{matrix}$$

La fel s-a procedat pentru funcția logică Y și pentru simbolul de marcare aferent bazei stelei.

Observăm că schema echivalentă stelată reprezentată în figura 9.2*b* face economie de două contacte în raport cu schema π inițială. Apare evident astfel avantajul transformării efectuate. Mai mult, remarcăm posibilitatea de a transforma în triunghi schema τ dată de funcțiile logice ale ramurilor stelei:

$$F'(X, Y) = (\bar{a} \cup \bar{y}),\ (\bar{a} \cup y) = D^{ay}_{(0,1)} \cup D^{ay}_{(2),(3)}.$$

Folosind regulile transformării în triunghiu, găsim

$$\Delta_1 = D^{ay}_{(0,2)} = \bar{y};\ \Delta_2 = D^{ay}_{(1,3)} = y;\ \Delta_{12} = D^{ay}_{(0,1)} = \bar{a}.$$

Schema corespunzătoare este dată în figura 8.2*c*, din care se vede că este posibilă reducerea numărului de contacte de la 8 la numai 5.

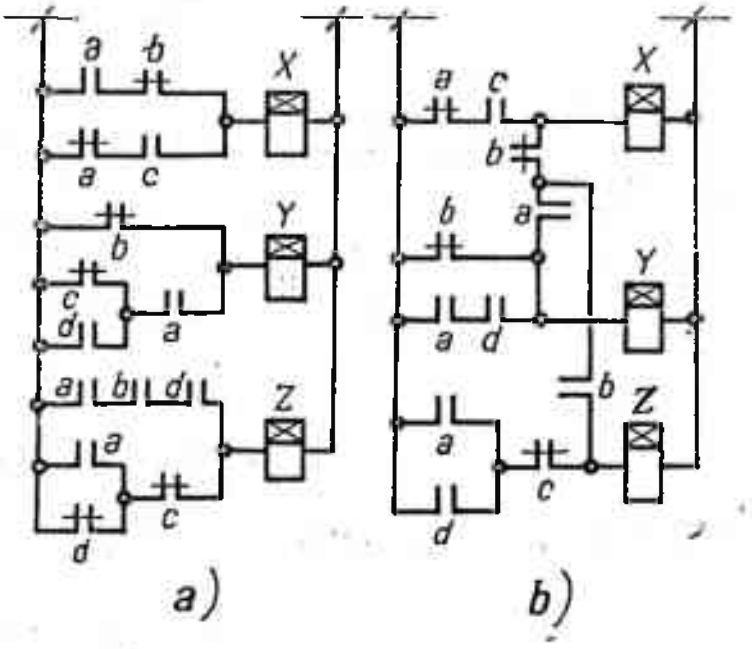


Fig. 9.3. — Schemele aferente exemplului 9.2.

Exemplul 9.2. Ne propunem să transformăm schema dată în figura 9.3. într-o schemă echivalentă triunghiulară.

Această problemă este rezolvată prin metoda matriceală în lucrarea [68, p. 173]. Cele trei funcţii logice ale schemei de comutaţie sînt date de

$$F(X, Y, Z) = (a\bar{b} \cup \bar{a}c),\ [\bar{b} \cup a(\bar{c} \cup d)],\ [abd \cup \bar{c}(a \cup \bar{d})] =$$

$$= D^{abcd}_{(10,11)} \cup D^{abcd}_{(2,3,6,7,12,13),(0,1,2,3,12,13,14,15,17),(0,4,14,15,17)}.$$

Simbolul de marcare Δ_z trebuie să cuprindă obligatoriu numerele de stare specifice funcţiei logice X, adică numerele de stare (6) şi (7). Cu aceste numere formăm lista de adiacenţe

1 4
6 / 7 / 2 3,

care corespunde implicantului prim

$$D_{0\underline{11}\underline{0}}^{abcd} = \bar{a}c.$$

Numerele de stare (2) și (3) fac parte din simbolul lui X și deci pot fi incluse în lista de adiacențe în scopul creșterii numărului de adiacențe.

Simbolul de marcare Δ_y trebuie să cuprindă obligatoriu numărul de stare (1), specific lui Y. Cu acesta și cu alte numere de stare dintre cele cuprinse de simbolul Y se formează lista de adiacențe

$$\begin{array}{c} 1 \quad 2 \quad 10 \\ 1 \,/\, 0 \,/\, 3\ 2 \,/\, 11\ 10\ 13\ 12, \end{array}$$

care corespunde implicantului prim

$$D_{\underline{000}\underline{1}}^{abcd} = \bar{b}.$$

Simbolul de marcare Δ_z trebuie să cuprindă obligatoriu numărul de stare (4), specific lui Z. Cu acesta și cu alte numere de stare dintre cele cuprinse de simbolul lui Z se formează lista de adiacențe

$$\begin{array}{c} 4 \quad 10 \\ 4 \,/\, 0 \,/\, 14\ 10, \end{array}$$

care corespunde implicantului prim

$$D_{\underline{01}\underline{00}}^{abcd} = \bar{c}\bar{d}.$$

Pentru satisfacerea condiției b) a transformării în triunghi se impune adăugarea la simbol Δ_y și a grupării cuprinse de lista de adiacențe

$$\begin{array}{c} 2 \quad 4 \\ 15 \,/\, 17 \,/\, 11\ 13, \end{array}$$

care corespunde implicantului prim

$$D^{abcd}_{1\underline{1}0\underline{1}} = ad.$$

Prin această grupare se cuprind numerele de stare (15) şi (17), comune funcţiilor logice Y şi Z, care nu au fost cuprinse pînă acum nici în Δ_y, nici în Δ_z.

De asemenea, pentru a cuprinde şi numărul de stare (14), comun funcţiilor logice Y şi Z, şi a numărului de stare (11), comun funcţiilor logice X şi Z, se impune adăugarea unei grupări suplimentare simbolului lui Δ_z. Lista de adiacenţe corespunzătoare

$$\begin{matrix} 4 & & 1 \\ 14 & / & 10 \ / \ 15 \ 11 \end{matrix}$$

corespunde implicantului prim

$$D^{abcd}_{1\underline{1}0\underline{0}} = a\bar{c}.$$

Simbolul de marcare Δ_{xy} trebuie să cuprindă obligatoriu numerele de stare (10), (11), (12) şi (13), care sînt comune funcţiilor logice X şi Y şi care nu au fost cuprinse decît în simbolul lui Δ_y. Cu ele formăm lista de adiacenţe

$$\begin{matrix} 1 & & 2 \\ 10 & / & 11 \ / \ 12 \ 13, \end{matrix}$$

care corespunde implicantului prim

$$D^{abcd}_{10\underline{0}\underline{0}} = a\bar{b}.$$

Simbolul de marcare Δ_{yz} trebuie să cuprindă obligatoriu numerele de stare (14) şi (17), care au fost cuprinse numai într-unul din simbolurile Δ_y şi Δ_z. Cu ele formăm lista de adiacenţe

$$\begin{matrix} 1 & & 2 \\ 14 & / & 15 \ / \ 16 \ 17, \end{matrix}$$

Scanned with OKEN Scanner

care corespunde implicantului prim

$$D^{abcd}_{11\underline{00}} = ab.$$

În fine, latura Δ_{zz} a triunghiului poate lipsi, întrucît singurele numere de stare comune funcţiilor logice X şi Z, adică numerele de stare (10) şi (11), sînt cuprinse atît de Δ_z, cît şi de Δ_z.

Rezultatele obţinute ne conduc la structurarea schemei reprezentate în figura 8.3 *b*, schemă care corespunde expresiilor logice

$$\Delta_x = \bar{a}c, \qquad \Delta_{xy} = a\bar{b},$$

$$\Delta_y = \bar{b} \cup ad, \quad \Delta_{yz} = ab.$$

$$\Delta_z = \bar{c}\bar{d} \cup a\bar{c} = \bar{c}(a \cup \bar{d}),$$

Avantajul transformării rezultă din reducerea numărului de contacte de la 14 la 11.

Formele minimale se obţin scriind disjuncţia implicanţilor obţinuţi din listele de adiacenţă. Dacă la întocmirea listelor de adiacenţă s-au luat în considerare numerele de stare care se referă la valorile zero ale variabilelor de ieşire, atunci forma disjunctivă obţinută poate fi uşor transformată în formă conjunctivă minimală. În acest scop se neagă de două ori rezultatul obţinut şi prin aplicare teoremei lui De Morgan se găseşte forma minimală conjunctivă, adică conjuncţia unor disjuncţii ale variabilelor de intrare.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 10

MINIMIZAREA GLOBALĂ A EXPRESIILOR BOOLEENE

Problema minimizării structurii schemelor de comutaţie cu mai multe ieşiri a făcut obiectul multor lucrări publicate dintre care citãm lucrările [8], [9], [56], [77], [90]. Analiza acestor lucrări evidenţiază două căi posibile de minimizare: cea a minimizării individuale a funcţiilor logice aferente fiecărei variabile de ieşire şi cea a minimizării globale a sistemului de funcţii logice ce defineşte schema de comutaţie. Calea a doua conduce de regulă la soluţii optime.

În cazul structurării schemelor de comutaţie dinamică, urmînd calea minimizării individuale a funcţiilor logice se poate obţine o structură optimă prin transformarea ulterioară a schemei π obţinute, într-o schemă echivalentă stelată, triunghiulară, în punte sau mixtă.

Pentru cazul structurării schemelor de comutaţie statică, propunem următoarea metodă de minimizare, expusă în cele ce urmează.

Avînd dat simbolul de marcare unitar al schemei de comutaţie (formula 1.2), se determină mai întîi implicanţii primi specifici fiecăreia dintre funcţiile logice X_k. În acest scop se întocmesc listele de adiacenţă ce cuprind în mod obligator numerele de stare specifice funcţiilor logice X_k. Aceste liste vor cuprinde numărul maxim de numere de stare dintre cele ce definesc separat fiecare funcţie X_k.

Numerele de stare se vor bifa (prin subliniere) în şirul numerelor de stare specifice funcţiei logice respective, şir dat în forma operativă a simbolului de marcare.

După formarea acestor liste, în simbolul de marcare vor rămîne nebifate numai numerele de stare comune mai multor funcţii logice.

Considerînd variabilele de ieşire X_n în ordinea crescătoare a indicelui n şi numerele de stare ce le definesc, care au rămas nebifate, în ordinea lor crescătoare, se formează alte liste de adiacenţe, urmărind a cuprinde în acestea maximum de numere de stare

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

comune numărului maxim de funcţii logice. Aceste liste definesc implicanţii ce pot fi folosiţi în comun de către mai multe variabile de ieşire, pentru structurarea schemei de comutaţie statică.

Pe măsură ce se completează listele, se bifează numerele de stare în simbolul de marcare. Procesul de formare a listelor se continuă pînă ce toate numerele de stare au fost cuprinse, cel puţin o singură dată, într-una dintre aceste liste.

Pentru variabila de ieşire X_i, se vor considera atît implicanţii primi, specifici acestei variabile, cît şi implicanţii comuni acestei variabile şi altora.

Vom exemplifica în cele ce urmează această metodă prin trei exemple, luate din literatura curentă în scopul de a oferi posibilitatea de comparaţie a rezultatelor.

Exemplul 10.1. Se cere minimizarea globală a schemei combinaţionale de comutaţie date prin simbolul unitar de marcare :

$$F(Z_1, Z_2, Z_3) = D^{x_4x_3x_2x_1}\begin{matrix}(1,\ 2,\ 5^*,\ 7,\ 11,\ 12,\ 15,\ 16,\ 17),\\ (2,\ 3,\ 5^*,\ 6,\ 7,\ 10^*,\ 12,\ 14,\ 16^*,\ 17),\\ (1,\ 3,\ 5^*,\ 6,\ 7,\ 10^*,\ 11,\ 12,\ 14,\ 16,\ 17).\end{matrix}$$

Indicele (*), specifică valorile binare indiferente ale variabilelor de ieşire.

Analiza numerelor de stare cuprinse de forma operativă a simbolului de marcare dat prin enunţ, evidenţiază faptul că numai funcţia logică Z_1 are specific numărul de stare (15). Cu acesta se formează lista de adiacenţe :

Pentru Z_1

$$\begin{matrix} & 2 & 10\\ 15 & 17 & 5\ \ 7\end{matrix}$$

ce corespunde implicantului prim

$$D^{x_4x_3x_2x_1}_{1\ 1\ 0\ 1} = x_1x_3.$$

Luînd în considerare numerele de stare comune, în ordinea specificată prin regulile date mai sus, se formează listele de adiacenţe :

Pentru Z_1 şi Z_3 : $\overset{10}{1} / 11 \rightarrow D^{x_4x_3x_2x_1}_{\underline{0}\,0\,0\,1} = x_1\bar{x}_2\bar{x}_3.$

Z şi Z_2 : $\overset{10}{2} / 12 \rightarrow D^{x_4x_3x_2x_1}_{\underline{0}\,0\,1\,0} = \bar{x}_1x_2\bar{x}_3.$

Z_1 şi Z_3 : $16 / \overset{1}{17} \rightarrow D^{x_4x_3x_2x_1}_{1\,1\,1\,\underline{0}} = x_2x_3x_4.$

Z_2 şi Z_3 : $\overset{4}{3} / 7 \rightarrow D^{x_4x_3x_2x_1}_{0\,\underline{0}\,1\,1} = x_1x_2\bar{x}_4.$

$\overset{10}{6} / 16 / \overset{1}{7}\ 1 \rightarrow D^{x_4x_3x_2x_1}_{\underline{0}\,1\,1\,\underline{0}} = x_2x_3.$

$\overset{2}{14} / 16 / \overset{4}{10}\ 12 \rightarrow D^{x_4x_3x_2x_1}_{1\,\underline{1}\,\underline{0}\,0} = \bar{x}_1x_4.$

Se obţin astfel expresiile minimale globale

$$Z_1 = x_1x_3 \cup x_1\bar{x}_2\bar{x}_3 \cup \bar{x}_1x_2\bar{x}_3 \cup x_2x_3x_4.$$

$$Z_2 = \bar{x}_1x_2\bar{x}_3 \cup x_1x_2x_4 \cup x_2x_3 \cup \bar{x}_1x_4.$$

$$Z_3 = x_1\bar{x}_2\bar{x}_3 \cup x_2x_3x_4 \cup x_1x_2\bar{x}_4 \cup x_2x_3 \cup \bar{x}_1x_4 =$$

$$= x_1\bar{x}_2\bar{x}_3 \cup x_1x_2\bar{x}_4 \cup x_2x_3 \cup \bar{x}_1x_4.$$

Aceste rezultate coincid cu cele date în [77].

Unica variantă posibilă, în aplicarea regulilor acestei metode ar fi condus la folosirea implicantului : $\bar{x}_1x_2x_4$, în locul lui : $x_2x_3x_4$, această variantă rezultînd din formarea listei de adiacenţe

$$\overset{4}{16} / 12 \text{ în loc de : } 16 / \overset{1}{17}.$$

Scanned with OKEN Scanner

În ambele cazuri se obține un raport de structură optim, dat de:

$$K_s = \frac{4 + 7 + 6}{4 + 18 + (12 + 3)} = \frac{17}{37} \frac{\text{module}}{\text{intrări}}.$$

Exemplul 10.2. Se cere minimizarea globală a schemei combinaționale de comutație date prin simbolul de marcare:

$$F(X, Y, Z) = D^{x_1x_2x_3x_4}_{\substack{(6,\ 7,\ 10,\ 11,\ 12,\ 13,\ 14,\ 15,\ 16,\ 17),\\ (1,\ 3,\ 6,\ 7,\ 10,\ 11,\ 12,\ 13),\\ (1,\ 3,\ 6,\ 7,\ 10,\ 14,\ 15,\ 16,\ 17).}}$$

Folosind metoda de minimizare globală expusă mai sus, se formează listele de adiacențe.

Pentru: X, Y și Z: $\overset{1}{6} / 7 \rightarrow D^{x_1x_2x_3x_4}_{0\ 1\ 1\ \underline{0}} = \bar{x}_1x_2x_3.$

$10 \rightarrow D^{x_1x_2x_3x_4}_{1\ 0\ 0\ 0} = x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4.$

X și Y: $\overset{2}{11} / \overset{1}{13} / 10\ 12 \rightarrow D^{x_1x_2x_3x_4}_{1\ 0\ \underline{0}\ \underline{1}} = x_1\bar{x}_2.$

X și Z: $\overset{1}{14} / \overset{2}{15} / 16\ 17 \rightarrow D^{x_1x_2x_3x_4}_{1\ 1\ \underline{0}\ \underline{0}} = x_1x_2.$

Y și Z: $\overset{2}{1} / 3 \rightarrow D^{x_1x_2x_3x_4}_{0\ 0\ \underline{0}\ 1} = \bar{x}_1\bar{x}_2x_4.$

Se obțin astfel expresiile logice global minimale.

$$X = \bar{x}_1x_2x_3 \cup x_1\bar{x}_2 \cup x_1x_2.$$

$$Y = \bar{x}_1x_2x_3 \cup x_1\bar{x}_2 \cup \bar{x}_1\bar{x}_2x_4.$$

$$Z = \bar{x}_1x_2x_3 \cup x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4 \cup x_1x_2 \cup \bar{x}_1\bar{x}_2x_4.$$

Scanned with OKEN Scanner

Rezultatul obţinut diferă de cel dat în [90], unde dintr-o eroare s-au omis unii termeni, astfel încît de exemplu funcţia X, în forma minimală dată în lucrare, nu satisface stările active (11), (12) şi (13).

Schema modulară UNILOG, ce corespunde acestor formule, are un raport de structură dat de

$$K_s = \frac{4+5+6}{4+14+(10+3)} = \frac{15}{31} \frac{\text{module}}{\text{intrări}};$$

Dacă minimizarea globală s-ar fi făcut prin luarea în considerare a stărilor pasive (ce corespund la valorile 0 a variabilelor de ieşire) s-ar obţine soluţia:

$$\overline{X} = \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 \cup \bar{x}_1 \bar{x}_2.$$

$$\overline{Y} = \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 \cup \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_4 \cup x_1 x_2.$$

$$\overline{Z} = \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 \cup \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_4 \cup x_1 \bar{x}_2 x_4 \cup x_1 \bar{x}_2 x_3.$$

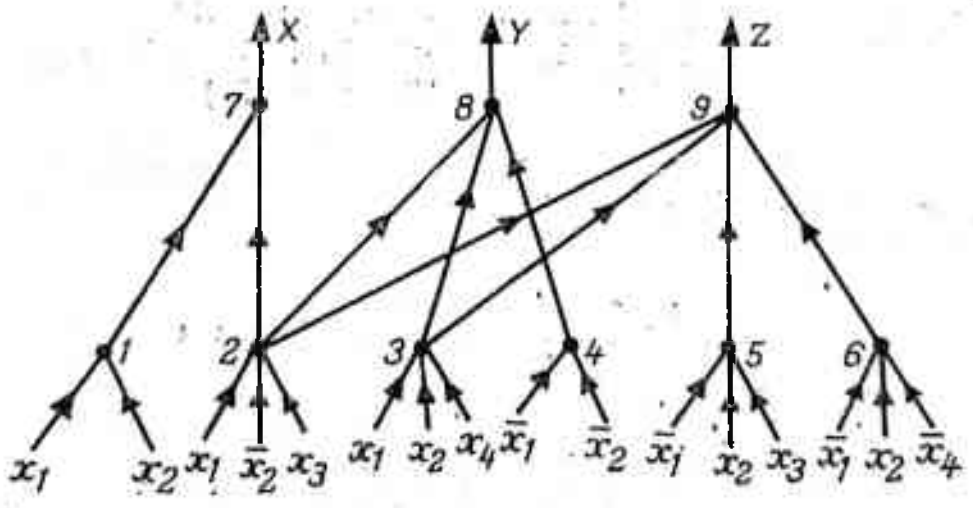


Fig. 10.1. — Schema modulară UNILOG pentru exemplul 10.2.

Această soluţie corespunde schemei modulare UNILOG reprezentate în figura 10.1 sub forma unui graf orientat.

Scanned with OKEN Scanner

Schema corespunde unui raport de structură.

$$K_s = \frac{4 + 6 + 3}{4 + 10 + (9)} = \frac{13}{29} \frac{\text{module}}{\text{intrări}}$$

deci, mai avantajos decît în primul caz. Raportul de structură calculat astfel ţine seama şi de modulele necesare pentru negarea logică a variabilelor de intrare.

Exemplul 10.3. Se cere minimizarea globală a sistemului de funcţii logice dat de:

$$F(z_1, z_2, z_3) = D^{x_1x_2x_3x_4}_{\substack{(4,\ 5,\ 7,\ 10,\ 11,\ 12^*,\ 13,\ 16,\ 17),\\ (1^*,\ 3,\ 4,\ 5,\ 6,\ 7^*,\ 12^*,\ 14,\ 16,\ 17),\\ (1^*,\ 3,\ 5,\ 6,\ 7,\ 10,\ 11,\ 12^*,\ 14,\ 16,\ 17).}}$$

Alegînd calea de minimizare prin considerarea stărilor pasive ale schemei, exprimate prin simbolul de marcare:

$$F(z_1, z_2, z_3) = D^{x_1x_2x_3x_4}_{\substack{(0^0,\ 1^0,\ 2^0,\ 3^0,\ 6^0,\ 12^*,\ 14^0\ 15^0),\\ (0^0,\ 1^*,\ 2^0,\ 7^*,\ 10^0,\ 11^0,\ 12^*,\ 13^0,\ 15^0),\\ (0^0,\ 1^*,\ 2^0,\ 4^0,\ 12^*,\ 13^0,\ 15^0).}}$$

se formează listele de adiacente:

Pentru z_1: $\overset{1}{1} / \overset{2}{0} / 3\ 2 \rightarrow D^{x_1x_2x_3x_4}_{0\ 0\ \underline{0}\ 1} = \bar{x}_1\bar{x}_2.$

$$\overset{4}{6} / 2 \rightarrow D^{x_1x_2x_3x_4}_{0\ \mathbf{1}\ 1\ 0} = \bar{x}_1x_3\bar{x}_4.$$

$$\overset{1}{14} / 15 \rightarrow D^{x_1x_2x_3x_4}_{1\ 1\ 0\ \underline{0}} = x_1x_2\bar{x}_3.$$

Pentru z_2: $10 \overset{1}{/} 11 \overset{2}{/} 12\ 13 \rightarrow D_{1\ 0\ Q\ Q}^{x_1x_2x_3x_4} = x_1\bar{x}_3$.

Pentru z_3: $4 \overset{4}{/} 0 \rightarrow D_{0\ 1\ 0\ 0}^{x_1x_2x_3x_4} = \bar{x}_1\bar{x}_3\bar{x}_4$.

Pentru z_1, z_2 și z_3: $0 \overset{2}{/} 2 \rightarrow D_{0\ 0\ Q\ 0}^{x_1x_2x_3x_4} = \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_4$.

$15 \rightarrow D_{1\ 1\ 0\ 1}^{x_1x_2x_3x_4} = x_1x_2\bar{x}_3x_4$.

Pentru z_2 și z_3: $13 \overset{1}{/} 12 \rightarrow D_{1\ 0\ 1\ 1}^{x_1x_2x_3x_4} = x_1\bar{x}_2x_3$.

Rezultă deci expresiile global minimale:

$$z_1 = \bar{x}_1\bar{x}_2 \cup \bar{x}_1x_3\bar{x}_4 \cup x_1x_2\bar{x}_3.$$

$$z_2 = x_1\bar{x}_2 \cup \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_4 \cup x_1x_2\bar{x}_3x_4.$$

$$z_3 = \bar{x}_1\bar{x}_3\bar{x}_4 \cup \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_4 \cup x_1x_2\bar{x}_3x_4 \cup x_1\bar{x}_2x_3.$$

Presupunînd că la intrarea schemei dispunem atît de variabilele de intrare cît și de negațiile lor, rezultă un raport de structură al schemei modulare UNILOG, dat de:

$$K_s = \frac{8+3}{23+10} = \frac{11}{33}\ \frac{\text{module}}{\text{intrări}}.$$

Se obține astfel un raport de structură mai avantajos din punctul de vedere al numărului de intrări la module decît cel dat

în lucrarea [9], unde se obţine :

$$K_s = \frac{11}{36} \frac{\text{module}}{\text{intrări}}.$$

Rezultă deci concluzia că aplicarea metodei propuse în acest capitol în scopul minimizării globale a unui sistem de funcţii logice conduce la rezultate comparabile cu cele obţinute prin alte metode, dar pe o cale mai expeditivă. Metoda se pretează bine pentru calculul manual şi se poate aplica la sisteme de funcţii logice cu mai mult de şase variabile de intrare, cu dificultăţi mai mici decît cele specifice în acest caz altor metode.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 11

METODĂ SIMBOLICĂ DE SINTEZĂ A SCHEMELOR DE COMUTAȚIE

În general, prin sinteză se înțelege operația de concepere (proiectare) a circuitelor sistemelor automate.

În cazul sintezei schemelor de comutație se pleacă de la specificațiile cerute schemei și se cere în final schema de comutație care le poate realiza practic. Rezultă deci că operația de sinteză este inversă operației de analiză.

11.1. SINTEZA SCHEMELOR DE COMANDĂ AUTOMATĂ A MOTOARELOR ELECTRICE

Schemele de comutație folosite pentru comanda automată a motoarelor electrice controlează operațiile de pornire, oprire, frînare și inversare a sensului de rotație a acestor motoare. Alături de aceste funcții principale, schemele de comutație folosite pentru comanda automată a motoarelor electrice mai îndeplinesc încă o serie de funcții, care pot fi considerate secundare. Dintre acestea fac parte, de exemplu, funcția de semnalizare optică sau acustică, funcția de telecomandă și de protecție, precum și diversele blocări folosite în cadrul acestor scheme.

Punctul de plecare în procesul de sinteză al unei scheme de comutație îl constituie enunțarea specificațiilor pe care trebuie să le îndeplinească aceasta. Ele reprezintă datele inițiale de proiectare a schemei de comutație. Plecînd de la aceste date, se stabilesc sub formă analitică sau grafică secvențele de lucru și stările de blocare care intervin în funcționarea schemei.

Folosind informațiile cuprinse de secvențele de lucru și de stările de blocare ale schemei de comutație, se pot stabili simbolurile de marcare asociate diferitelor variabile de ieșire ale ei sau, în

Scanned with OKEN Scanner

cazul unor scheme de comutaţie relativ simple, simbolul de marcare unic al acesteia.

Procesul de sinteză se continuă cu explicitarea simbolurilor de marcare într-o formă minimală adică cu găsirea expresiilor logice minimale ale schemei. În acest scop se va folosi în această lucrare metoda simbolică de minimizare.

Formulele minimale obţinute astfel permit structurarea schemelor de comutaţie dinamică folosind dispozitive cu contacte, sau schemele de comutaţie statică, care folosesc elemente fără contacte.

Economicitatea realizării practice a schemei de comutaţie dinamică se va aprecia funcţie de valoarea unui coeficient „de structură", notat prin K_s şi definit prin raportul dintre numărul de relee sau de contactoare folosite în schemă şi numărul de contacte necesare îndeplinirii funcţiilor schemei, contacte care aparţin fie releelor sau contactoarelor, fie unor dispozitive de comandă, cum ar fi butoanele, întrerupătoarele, limitatoarele etc. :

$$K_s = \frac{n_a}{n_c}\left[\frac{\text{număr de aparate}}{\text{număr de contacte}}\right]. \tag{11.1}$$

Avîndu-se în vedere că în ţara noastră s-a generalizat folosirea elementelor de comutaţie statică UNILOG, economicitatea realizării schemelor modulare de comutaţie statică se va aprecia funcţie de valoarea coeficientului de structură K_s, dat de raportul

$$K_s = \frac{n_v + n_m + n_d}{n_i}\left[\frac{\text{număr de module „nici"}}{\text{număr total de intrări}}\right], \tag{11.2}$$

unde n_v reprezintă numărul variabilelor de intrare nenegate, n_m numărul implicanţilor care definesc schema de comutaţie statică, n_d numărul disjuncţilor negate necesare pentru realizarea practică a funcţiei logice şi n_i numărul total de intrări ale schemei de comutaţie.

Pentru definirea acestui coeficient s-a avut în vedere ca numărătorul să reprezinte numărul modulelor „nici" necesare schemei, iar numitorul numărul tuturor intrărilor folosite de acestea. Astfel, luînd în considerare forma disjunctivă minimală a expresiilor logice, pentru fiecare variabilă de intrare nenegată care intră într-un implicant (conjuncţie) este necesar cîte un modul „nici" care realizează negaţia logică a variabilei aplicate la intrarea modulului „nici"

Scanned with OKEN Scanner

prin care se efectuează conjuncţia logică. Realizarea practică a unui implicant presupune folosirea unui modul „nici" la intrarea căruia se aplică variabilele care intră în conjuncţia respectivă.

Facem remarca că prin modul de definire a coeficientului K_i se ţine seama de posibilitatea folosirii în comun a aceluiaşi implicant de către mai multe variabile de ieşire.

Pentru realizarea disjuncţiei logice negate a implicanţilor conţinuţi de formulele logice, este necesar un modul „nici", iar pentru realizarea numai a disjuncţiei logice sînt necesare două module „nici".

Prin n_i se înţelege suma intrărilor la modulele „nici" care realizează conjuncţiile variabilelor şi a celor de la intrarea modulului care realizează disjuncţia negată sau nenegată.

În cazul disjuncţiei nenegate trebuie luată în considerare o intrare în plus, necesară pentru realizarea funcţiei logice „sau" cu ajutorul modulelor „nici".

În vederea realizării cît mai economice a unei scheme de comutaţie dinamică, se pune problema transformării schemei într-una echivalentă stelată, triunghiulară, în punte sau mixtă, iar în cazul schemelor de comutaţie statică se pune problema folosirii în comun de către mai multe variabile de ieşire a unora dintre termenii formulelor care definesc aceste variabile. În acest fel se pot obţine coeficienţi de structură mai avantajoşi din punctul de vedere al posibilităţilor de realizare practică a schemei de comutaţie.

În cadrul procesului de sinteză a unei scheme de comutaţie trebuie abordată şi problema economicităţii realizării acesteia, ceea ce se poate face luînd în considerare valorile coeficienţilor de structură definiţi mai sus. Pentru reprezentarea ca desen a schemelor de comutaţie se foloseşte curent simbolistica recomandată de normele interne sau internaţionale.

În cazul schemelor de comutaţie UNILOG, considerăm foarte potrivită şi avantajoasă o reprezentare sub formă de graf orientat, reprezentare folosită în cadrul exemplelor de sinteză ce vor fi tratate în cele ce urmează. Într-o astfel de reprezentare, modulele „nici" sînt folosite în exclusivitate pentru realizarea practică a schemei şi, ca atare, se pot reprezenta sub formă de puncte, fiecare punct reprezentînd în acelaşi timp un nod al grafului.

Conexiunile dintre aceste module reprezintă ramurile orientate ale grafului, iar sensul figurat pe ele reprezintă sensul de transmitere a semnalelor binare.

Reprezentarea schemelor de comutaţie statică UNILOG sub formă de graf orientat oferă avantajul simplităţii de reprezentare şi al uşurinţei de urmărire a conexiunilor intermodule, în scopul realizării efective a lor sau al modelării schemei de comutaţie pe un simulator logic.

Particularităţile folosirii metodei simbolice de sinteză a schemelor de comutaţie în diverse cazuri concrete vor face obiectul exemplelor care urmează.

Exemplul 11.1 Să se facă sinteza schemei de comandă automată a pornirii unui motor asincron prin cuplare directă la reţeaua trifazată de alimentare. Comenzile de pornire şi de oprire sînt date prin intermediul a două butoane cu revenire, *P* şi *O*.

Variabilele primare prin care se iniţiază procesul de pornire şi, respectiv, de oprire a motorului *M* sînt variabilele *P* şi *O*, asociate contactelor celor două butoane de comandă.

Pentru cuplarea la reţeaua de alimentare este suficient un singur contactor *L*. Pentru memorarea comenzilor date (butoanele sînt cu revenire) se va folosi variabila secundară *l*, asociată variabilei de ieşire *L*.

Precizînd ordinea variabilelor din indicele superior al simbolului de marcare *POl*, se pot codifica stările secvenţelor de lucru ale schemei, întocmindu-se în prealabil diagrama de faze din figura 11.1.

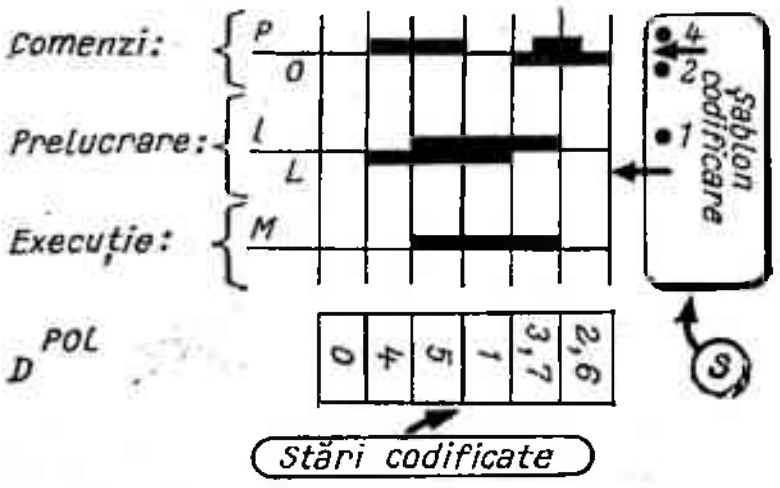


Fig. 11.1. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.1.

Astfel, plecînd din starea (0), redată în figura 11.1, prin apăsarea butonului *P* se trece în starea (4), în care devine excitată bobina contactorului *L*. Comutarea contactelor acestui contactor

($l = 1$) trece schema în starea (5), apoi revenirea butonului P în starea normală trece schema în starea (1).

Intervenţia butonului O determină oprirea motorului M, trecînd schema prin stările (3), (2) în starea (0). Comanda prin butonul O este prioritară, lucru exprimat prin stările suplimentare (7) şi (6).

Iniţial se întocmeşte diagrama de faze, ţinîndu-se seama de condiţiile care se impun funcţionării schemei de comandă automată. Apoi, folosind un şablon făcut din hîrtie sau din carton, notat prin S în figura 9.1, se înseamnă pe acesta poziţia variabilelor. Deplasînd apoi şablonul în lungul diagramei de faze, se pot uşor codifica stările secvenţelor de lucru ale schemei, numerele de stare determinate astfel scriindu-se ca în figura 9.1.

Diagrama de faze codificată permite scrierea uşoară a simbolurilor de marcare aferente variabilelor de ieşire ale schemei. În cazul nostru avem

$$F(L, M) = D^{POl}_{(1, 4, 5), (1, 3, 5, 7)} = \overline{O}(P \cup l), l.$$

Expresiile logice, aferente acestor simboluri rezultă imediat prin formarea grupelor de adiacenţe cerute de metoda simbolică de minimizare.

Schema cu contacte care corespunde formulelor logice deduse este dată în figura 11.2 *a* şi este identică cu cea dedusă, făcînd sinteza prin metoda folosirii directe a formulei de interpolare a lui Lagrange [13, p. 230].

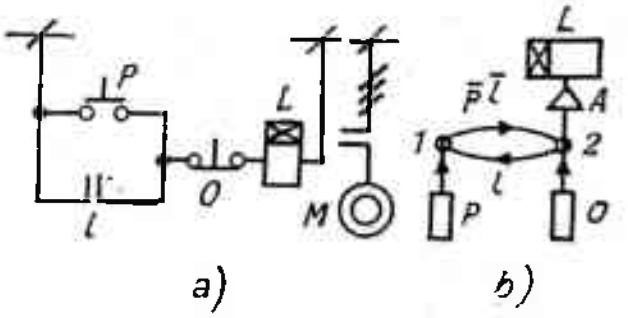


Fig. 11.2. — Comanda automată a pornirii unui motor asincron.

Pentru deducerea schemei de comutaţie statică realizată cu module „nici", se transformă mai întîi expresia booleeană astfel încît să conţină numai operatori „$\top$". În cazul nostru avem

$$L = \overline{\overline{O}(P \cup l)} = \overline{O \cup (P \cup l)} = O \top (P \top l).$$

După cum se observă din figura 11.2*b*, schema sintetizată se poate realiza cu numai două module „⊤". Prin reprezentarea sub formă de graf orientat se evidenţiază bucla de reacţie folosită în schemă, buclă specifică elementelor cu memorie.

În cazul nostru, ansamblul celor două module „⊤" formează de fapt un circuit basculant bistabil cu două intrări, şi anume intrarea de înscriere a memoriei prin variabila P şi cea de ştergere a ei, prin variabila O, precum şi unica ieşire folosită.

Amplificatorul A serveşte pentru ridicarea nivelului puterii semnalului de ieşire, astfel încît acesta să fie suficient de puternic pentru excitarea bobinei contactorului L. Remarcăm că pentru a fi o schemă de comutaţie statică în întregimea ei, ar trebui eliminat şi contactorul L. Rolul lui poate fi îndeplinit în acest caz de grupări antiparalel de tiristoare, înseriate pe cele trei faze de alimentare a motorului asincron trifazat M.

Pentru simplificarea expunerii şi uşurinţa înţelegerii funcţionării schemelor sintetizate, la ieşirile acestora vom folosi întotdeauna numai relee sau contactoare, subînţelegînd posibilitatea înlocuirii lor prin tiristoare.

Coeficienţii de structură ai schemelor sintetizate sînt

$$K_a = \frac{1}{6} \text{ ap./cont. şi } K_r = \frac{2}{4} \text{ mod./intr.}$$

Exemplul 11.2. Să se facă sinteza schemei de comandă automată a pornirii unui motor asincron cu rotor scurtcircuitat cu limitarea curentului de pornire în circuitul statorului şi protecţia maximală de curent.

Comenzile sînt date prin butoanele P şi O, iar pentru controlul scurtcircuitării rezistoarelor înseriate (reactoarelor) cu înfăşurările statorului se foloseşte un contact cu temporizare mecanică controlat de un contactor auxiliar A.

Cuplarea normală la reţeaua de alimentare se face prin contactele unui contactor L.

Considerînd variabilele primare P, O şi R_M şi variabilele secundare a, a_t şi l, rezultă indicele simbolului de marcare $POR_M a_t al$.

Ţinînd seama de condiţiile ce trebuie îndeplinite în funcţionarea schemei de comandă automată, se stabileşte diagrama de

Scanned with OKEN Scanner

faze din figura 11.3. În această diagramă este specificată și prioritatea comenzilor date prin releul maximal R_M sau prin butonul de oprire O. De asemenea, prin M_p și M_n s-a înțeles mersul motorului în regim de pornire și în regim normal.

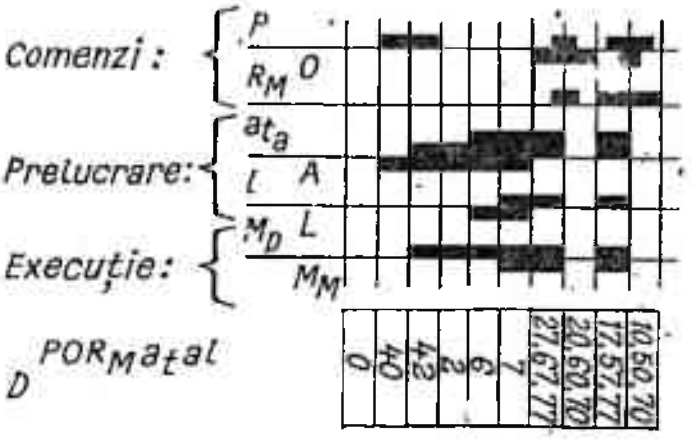


Fig. 11.3. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.2.

Codificînd stările descrise de diagrama de faze, deducem următorul simbol de marcare al schemei de comutație:

$$F(A, L, M) = D^{POR_M a_t al}_{1:(2,6,7,40,42);\ 0:(0,10,17,20,27,50,57,60,67,70,77)\ 1:(6,7);\ 0:(0,2,10,17,20,27,40,42,50,57,60,67,70,77)\ M_p:1:(2,6,7,17,27,42,57,67,77);\ 0:(0,10,20,40,50,60,70)\ M_n:1:(7,17,27,57,77);\ 0:(0,2,6,10,20,40,42,50,60,70).}$$

Funcția logică pentru circuitul contactorului A rezultă din

$$\begin{array}{cccccccc} 1 & & 4 & & & 40 & & \\ 2 & / & 3 & / & 6 & 7 & / 42 & 43\ 46\ 47 \end{array}$$

$$D^{POR_M a_t a\, l}_{\underline{0}\,0\,0\ \underline{0}\,1\underline{0}} = \overline{OR_M}\, a,$$

$$\begin{array}{cccccccc} 1 & & 2 & & & 4 & & \\ 40 & / & 41 & / & 42 & 43 & / & 44\ 45\ 46\ 47 \end{array}$$

$$D^{POR_M a_t al}_{1\,0\,0\ \ \underline{0}\,\underline{0}\underline{0}} = P\overline{OR_M}.$$

Rezultă

$$A = \overline{OR}_M(P \cup a).$$

Pentru contactorul L avem

$$\begin{array}{l} \ 1\ \ 2\ \ \ 40 \\ 6 \,/\, 7 \,/\, 4\ 3 \,/\, 46\ 47\ 44\ 43 \end{array}$$

$$D^{POR_M a_t al}_{\underline{0}\,0\ 0\ \ 1\,\underline{1}\underline{0}} = \overline{OR}_M a_t.$$

Rezultă

$$L = \overline{OR}_M a_t.$$

Pentru circuitul de pornire al motorului și cel de regim normal avem

$$\begin{array}{l} \ 1\ \ 4\ \ \ 10 \\ 20\,\overline{2} \,/\, 3 \,/\, 6\ 7 \,/\, 12\ 13\ 16\ 17 \\ 40\,\overline{22} \\ \overline{42} \\ 62 \end{array}$$

$$M_p = D^{POR_M a_t al}_{\underline{0}\,\underline{0}\,\underline{0}\ \ \underline{0}\,\underline{1}\,\underline{0}} = a.$$

și

$$\begin{array}{l} \ 2\ \ 4\ \ \ 10 \\ 20\,\overline{7} \,/\, 5 \,/\, 3\ 1 \,/\, 17\ 15\ 13\ 11 \\ 40\,\overline{27} \\ \overline{47} \\ 67 \end{array}$$

$$M_n = D^{POR_M a_t al}_{\underline{0}\,\underline{0}\,\underline{0}\ \ \underline{1}\,\underline{1}\,1} = l.$$

Schemele cu și fără contacte deduse din aceste formule sînt date în figurile 11.4*a* și 11.4*b*.

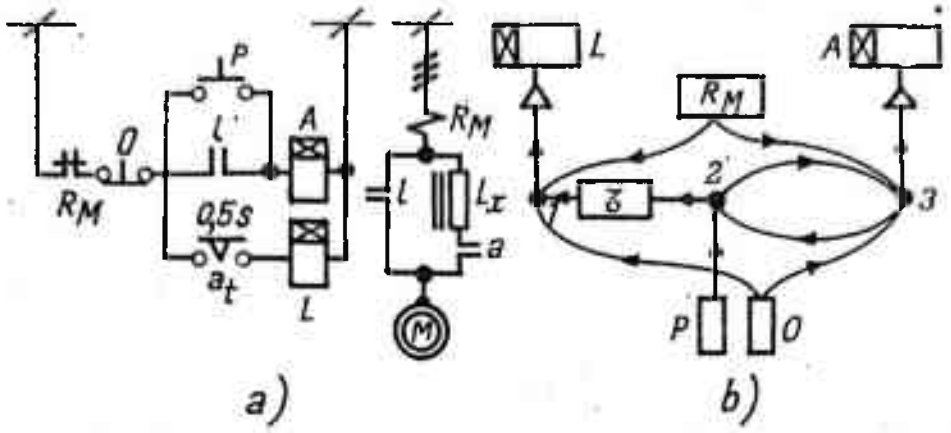


Fig. 11.4. — Comanda automată a pornirii unui motor cu limitarea curentului în stator.

Exemplul 11.3. Să se facă sinteza schemei de comandă automată reversibilă cu interblocarea comenzii a unui motor asincron cu rotor scurtcircuitat. Comenzile de pornire sînt date prin acționarea cîte unui buton pentru fiecare sens de rotație P_d și P_s, iar oprirea este comandată prin acționarea butonului de oprire O. Butoanele sînt cu revenire.

În scopul simplificării procesului de sinteză, în indicele simbolului de marcare aferent schemei, P_d P_s ds, nu am cuprins variabila primară O. De funcția acestei variabile se poate ține seama numai la scrierea formulei finale a schemei, întrucît butonul O are rol de întrerupător general.

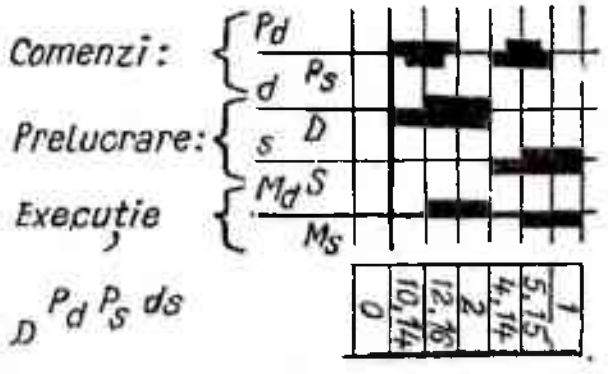


Fig. 11.5. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.3.

Secvențele de lucru din figura 11.5, deduse din specificațiile schemei sintetizate, țin seama de prioritatea primei comenzi date

printr-unul din butoanele P_d sau P_s, asigurînd astfel interblocarea cerută prin enunțul problemei de sinteză.

Din diagrama de faze rezultă următorul raport de stare al schemei care realizează funcțiunile cerute prin enunț:

$$F(D, S, M_d, M_s) =$$

$$= \overline{O}\left[D^{P_d P_s ds}_{(3^*, 6^*, 7^*, 11^*, 13^*, 14^*, 17^*)} \cup D^{P_d P_s ds}_{\substack{(2, 10, 12, 16),\\ (1, 4, 5, 15),\\ (2, 12, 16),\\ (1, 5, 15)}}\right].$$

Facem remarca că, dacă în urma codificării stărilor un număr de stare apare atît pentru valoarea 0 a variabilei de ieșire, cît și pentru valoarea 1 a acesteia, înseamnă că el corespunde unei stări indiferente. Acesta este, de exemplu, cazul stării (14), care apare atît pentru $S = 0$, cît și pentru $S = 1$.

Prin minimizarea efectuată, folosind metoda simbolică, se ajunge la

$$\begin{array}{l} 1\quad 4\quad 10 \\ 2\ /\ 3\ /\ 6\ 7\ /\ 12\ 13\ 16\ 17 \end{array}$$

$$D^{P_d P_s ds}_{\underline{0}\ \underline{0}\ \underline{10}} = d,$$

$$\begin{array}{l} 4\quad 2 \\ 10\ /\ 14\ /\ 12\ 16 \end{array}$$

$$D^{P_d P_s ds}_{1\ \underline{0}\ \underline{00}} = P_d \overline{s}.$$

Rezultă

$$D = (P_d \overline{s} \cup d)\,\overline{O},$$

$$\begin{array}{l} 4\ \ 10\quad\ 2 \\ 1\ /\ 5\ /\ 11\ 15\ /\ 3\ 7\ 13\ 17 \end{array}$$

$$D^{P_d P_s ds}_{\underline{0}\ \underline{0}\ \underline{01}} = s,$$

$$\begin{array}{l} 10\quad 1 \\ 4\ /\ 14\ /\ 5\ 15 \end{array}$$

$$D^{P_d P_s ds}_{\underline{0}\ 1\ \underline{00}} = P_s \overline{d}$$

Rezultă

$$S = (P_s \overline{d} \cup s)\,\overline{O},$$

$$\begin{array}{l} 10 \quad 4 \quad\quad 1 \\ 2 \,/\, 12 \,/\, 6\ 16 \,/\, 3\ 13\ 7\ 17 \end{array}$$

$$M_s = D_{\underline{0}}^{P_d P_s ds} {}_{\underline{0}\ \underline{10}} = d,$$

$$\begin{array}{l} 4 \quad 10 \quad\quad 2 \\ 1 \,/\, 5 \,/\, 11\ 15 \,/\, 3\ 7\ 13\ 17 \end{array}$$

$$M_s = D_{\underline{0}}^{P_d P_s ds} {}_{\underline{0}\ \underline{01}} = s.$$

Expresiile logice ale funcţiilor D şi S se pot scrie şi sub forma

$$D = \overline{s}\,(P_d \cup d)\,\overline{O} \quad \text{şi} \quad S = \overline{d}\,(P_s \cup s)\,\overline{O},$$

avînd în vedere că la deducerea lor nu era obligatorie folosirea diferenţei de adiacenţă 1, respectiv 2. Sub ultima formă apar mai evident formele structurale ale celor două memorii, date în figurile 11.6*a* şi 11.6*b*.

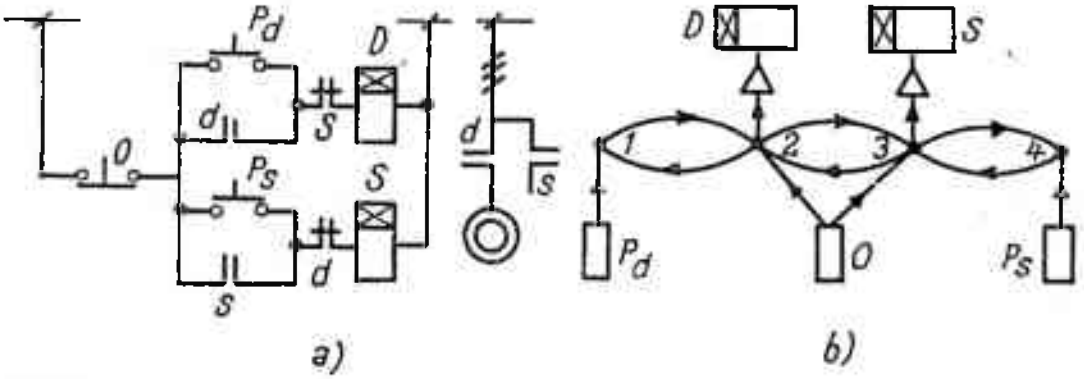


Fig. 11.6. — Comanda automată reversibilă cu interblocare a unui electromotor.

Prin nefolosirea diferenţelor de adiacenţă 1 pentru primul implicant a lui D, respectiv 2 pentru primul implicant a lui S aceşti implicanţi se scriu respectiv

$$d(\overline{s}) \quad \text{şi} \quad s(\overline{d}),$$

prin paranteze punîndu-se în evidenţă variabilele redondante, prin folosirea cărora adesea se poate ajunge la o formă mai convenabilă a structurii schemei de comutaţie.

Sinteza acestei scheme prin folosirea directă a formulei de interpolare a lui Lagrange este dată în [13, p. 230]. Acolo se structurează numai schema cu contacte.

Exemplul 11.4. Să se facă sinteza schemei de comandă automată fără interblocarea comenzii pentru un electromotor. Comenzile de pornire sînt date prin acţionarea a cîte unui buton pentru fiecare sens de rotaţie (P_d şi P_s), iar oprirea este comandată prin butonul de oprire O, care joacă rol şi de întrerupător de avarie. Butoanele sînt cu revenire.

La fel ca în exemplul precedent, funcţia butonului O va fi considerată abia în formulele finale.

Secvenţele de lucru date în figura 11.7 ţin seama de prioritatea acţionării unuia dintre butoanele de comandă.

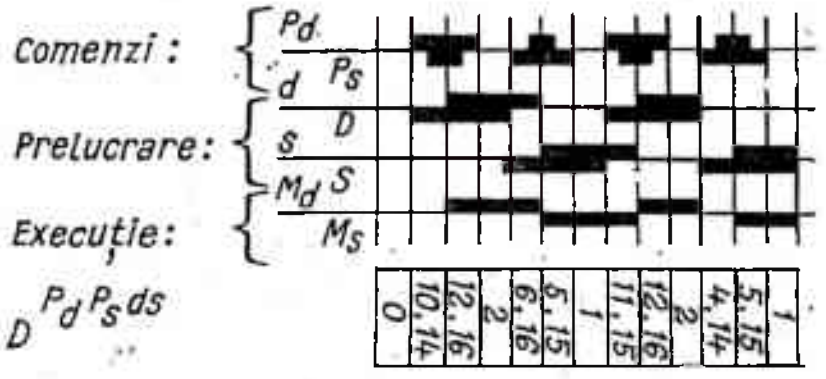


Fig. 11.7. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.4.

Din diagrama de faze rezultă simbolul de marcare al schemei :

$$F(D, S, M_d, M_s) = \overline{O}\left[D^{P_d P_s ds}_{(3^*,\ 13^*,\ 17^*)} \cup D^{P_d P_s ds}_{\substack{(2,10,11,12,14^*,15^*,16^*)\\(1,4,5,6,14^*,15^*,16^*)\\(2,6,12,16),(1,5,11,15)}}\right].$$

Prin exprimarea în forma minimală a acestui simbol, se ajunge la

$$\left.\begin{array}{l} \overset{10}{2} \,/\, \overset{1}{12} \,/\, 3\ 13 \qquad D_{\underline{0}}^{P_d P_s ds}{}_{0\ \underline{10}} = \overline{P}_s d \\ \\ 2\,\overset{1}{\underset{12}{\overline{10}}} \,/\, \overset{4}{11} \,/\, 14\ 15 \qquad D_{1\ \underline{0}\ \underline{00}}^{P_d P_s ds} = P_d(\overline{P}_s) \end{array}\right\} D = (P_s d \cup P_d)\,\overline{O},$$

$$\left.\begin{array}{l} \overset{4}{1} \,/\, \overset{2}{5} \,/\, 3\ 7 \qquad D_{0\ \underline{0}\ \underline{01}}^{P_d P_s ds} = \overline{P}_d s. \\ \\ 10\,\overset{4}{\underset{14}{\overline{1}}} \,/\, \overset{2}{5} \,/\, 6\ 7 \qquad D_{\underline{0}\ 1\ \underline{00}}^{P_d P_s ds} = P_s(\overline{P}_d) \end{array}\right\} S = (\overline{P}_d s \cup P_s)\,\overline{O},$$

$$\overset{4\ 10}{2} \,/\, \overset{\quad 1}{6 \,/\, 12\ 16} \,/\, 3\ 7\ 13\ 17 \qquad M_d = D_{\underline{0}\ \underline{0}\ \underline{10}}^{P_d P_s ds} = d,$$

$$\overset{4\ 10}{1} \,/\, \overset{\quad 2}{5 \,/\, 11\ 15} \,/\, 3\ 7\ 13\ 17 \qquad M_s = D_{\underline{0}\ \underline{1}\ \underline{00}}^{P_d P_s ds} = s.$$

Expresiile logice ale funcțiilor D și S se mai pot scrie și sub forma

$$D = \overline{P}_s(P_d \cup d)\,\overline{O} \quad \text{și} \quad S = \overline{P}_d(P_s \cup s)\,\overline{O},$$

avînd în vedere neobligativitatea folosirii tuturor adiacențelor posibile, adică a luării în considerare și a variabilelor redundante.

Prin ultimele formule s-au pus mai bine în evidență cele două memorii ale schemei.

Schemele cu și fără contacte, structurate după formulele deduse, s-au dat în figura 11.8.

Exemplul 11.5. Să se facă sinteza schemei de comandă automată a pornirii reversibile a unui motor serie de c.c. cu două înfășurări de excitație (fig. 11.9).

Comenzile de pornire-oprire se dau cu ajutorul a trei butoane O, P_s și P_d, iar cuplarea la rețeaua de alimentare se va realiza cu ajutorul a două contactoare D și S. Se impune interblocarea comenzilor date prin P_d și P_s și prioritatea comenzii de oprire.

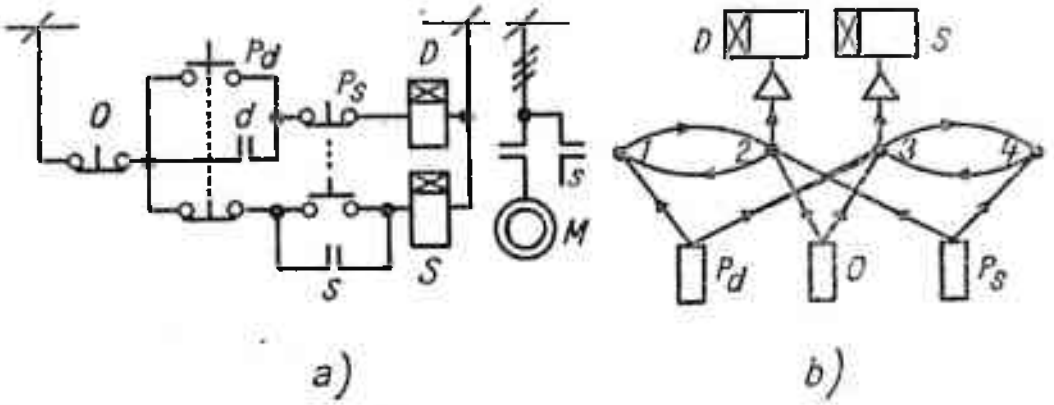


Fig. 11.8. — Comanda automată reversibilă fără interblocare a unui electromotor.

La darea comenzii de oprire din mersul spre dreapta, indusul se șuntează prin înfășurarea de excitație folosită în mersul spre stînga, iar la darea comenzii de oprire din mersul spre stînga, indusul se șuntează prin înfășurarea de excitație folosită în mersul spre dreapta. În acest fel poate fi asigurată o frînare rapidă a motorului.

Examinînd schema din figura 11.9, observăm că întrucît starea de repaus a motorului succedă regimului de frînare care corespunde situației cînd $F_s = 1$ sau $F_d = 1$, vor exista două stări

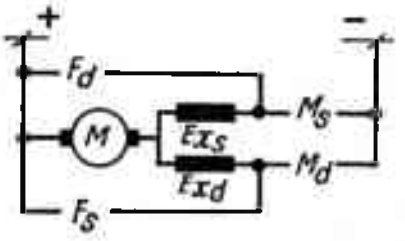


Fig. 11.9. — Schema aferentă exemplului 11.5.

posibile de repaus. Pentru discriminarea acestor două stări se impune folosirea unei variabile auxiliare de ieșire F, pentru care se asociază variabila secundară f. Astfel, o stare de repaus se va caracteriza prin $F = 0$, iar a doua stare de repaus prin $F = 1$.

În diagrama de faze din figura 11.10, secvențele S_1 și S_3 redau procesul de pornire spre dreapta și de oprire din sensul de rotație spre dreapta, iar secvențele S_2 și S_4 redau procesul de pornire spre stînga și de oprire din sensul de rotație spre stînga, plecînd de la cele două stări posibile de repaus.

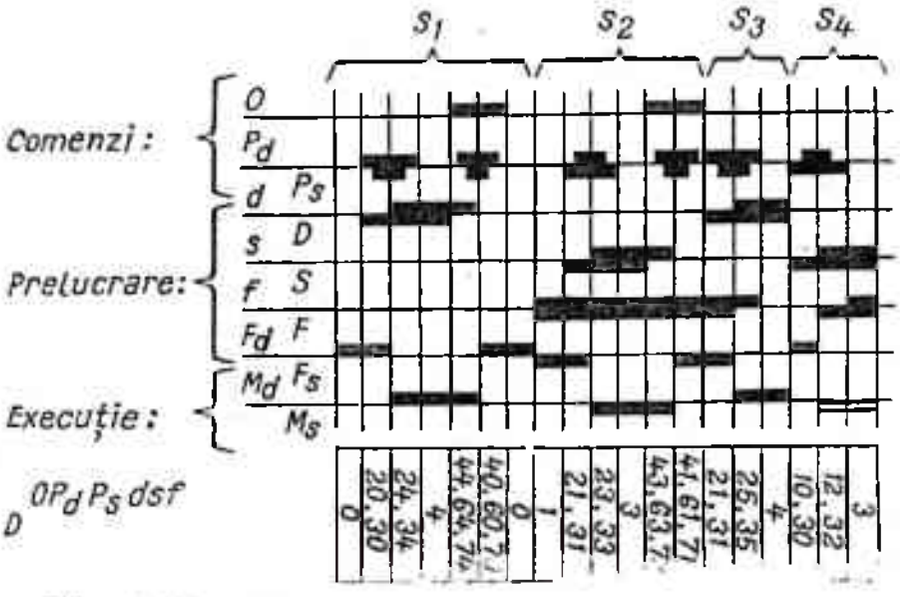


Fig. 11.10. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.5.

Din diagrama stărilor (de faze) rezultă simbolurile de marcare care, explicitate în formă minimală, ne dau funcțiile logice căutate. Astfel se obține :

— pentru F :

$$F = D^{OP_d P_s dsf}_{1 : (1, 3, 12, 21, 23, 31, 32, 33, 41, 43, 61, 63, 71, 73),\ 0 : (0, 4, 10, 20, 24, 25, 30, 34, 35, 44, 60, 64, 70, 74),}$$

$$40 \begin{matrix} 1 \\ 41 \end{matrix} \begin{matrix} 2 \\ / \end{matrix} \begin{matrix} 20 \\ 3 \end{matrix} / \begin{matrix} \\ 21\ 23 \end{matrix} \begin{matrix} 10 \\ / \end{matrix} \begin{matrix} \\ 11\ 13\ 31\ 33 \end{matrix},$$

$$D^{OP_d P_s dsf}_{\underline{00}\ \underline{0}\ \underline{001}} = j\bar{a},$$

$$\begin{array}{l} \quad 20 \quad 10 \quad\quad 40 \\ 1\ \overline{12}/\ 32\ /\ 2\ 22\ /\ 52\ 72\ 42\ 62, \\ 4\ \overline{13} \\ \quad\ \overline{16} \\ \quad .. \end{array}$$

$$D_{\underline{00}\ \ \underline{1}\ \ \underline{010}}^{OP_aP_sdsf} = s(\overline{d});$$

în paranteză este trecută variabila redundantă, adăugată numai pentru a putea pune expresia logică finală sub forma

$$F = \overline{d}(f \cup s);$$

— pentru D:

$$D = D^{OP_aP_sdsf}_{1:\,(4,\,20,\,21^*,\,24,\,25,\,30^*,\,31^*,\,35),}$$
$$0:\,(0,\,1,\,3,\,10,\,12,\,23,\,32,\,33,\,40,\,41,\,43,$$
$$44,\,60,\,61,\,63,\,64,\,70,\,71,\,73,\,74),$$

$$\begin{array}{l} \quad 20 \quad 1 \quad\quad 10 \\ 2\ \overline{4}\ /\ 24\ /\ 5\ 25\ /\ 14\ 34\ 15\ 35, \\ \quad\ \overline{6} \end{array}$$

$$D_{\underline{00}\ \ \underline{0}\ \ \underline{100}}^{OP_aP_sdsf} = \overline{O}d(\overline{s}),$$

$$\begin{array}{l} \quad 10 \quad 1 \quad\quad 4 \\ 20\ /\ 30\ /\ 21\ 31\ /\ 24\ 34\ 25\ 35, \end{array}$$

$$D_{01\ \ \underline{0}\ \ \underline{000}}^{OP_aP_sdsf} = \overline{O}P_a\overline{s};$$

rezultă deci

$$D = \overline{O}\overline{s}(P_a \cup d).$$

— pentru S:

$$S = D^{OP_aP_sdsf}_{1:\,(3,\,10,\,12,\,21^*,\,23,\,30^*,\,31^*,\,32,\,33),}$$
$$0:\,(0,\,1,\,4,\,20,\,24,\,25,\,34,\,35,\,40,\,41,$$
$$43,\,44,\,60,\,61,\,63,\,64,\,70,\,71,\,73,\,74),$$

Scanned with OKEN Scanner

$$1\ \underset{2}{\overset{20}{3}}\ /\ 23\ /\ \overset{10}{13}\ \overset{4}{33}\ /\ 7\ 27\ 17\ 37,$$

$$D_{\underline{00}\ \underline{0}\ \underline{011}}^{OP_dP_sdsf} = \overline{O}s(\overline{a}),$$

$$10\ /\ \overset{2}{12}\ /\ \overset{1}{11}\ \overset{20}{13}\ /\ 30\ 32\ 31\ 33,$$

$$D_{\underline{00}\ 1\ \underline{000}}^{OP_dP_sdsf} = \overline{O}P_s\overline{d};$$

rezultă deci

$$S = \overline{O}\,\overline{d}(P_s \cup s);$$

— pentru F_d:

$$F_d = D_{1:(0,\,10,\,20,\,30,\,40,\,60,\,70),\ 0:(1,\,3,\,4,\,12,\,21,\,23,\,24,\,25,\,31,\,32,\,33,\,34,\,35,\,41,\,43,\,44,\,61,\,63,\,64,\,71,\,73,\,74),}^{OP_dP_sdsf}$$

$$0\ /\ \overset{10}{10}\ /\ \overset{20}{20}\ \overset{40}{30}\ /\ 40\ 50\ 60\ 70,$$

$$D_{\underline{00}\ \underline{0}\ 000}^{OP_dP_sdsf} = \overline{d}\,\overline{s}\,\overline{f};$$

rezultă deci

$$F_d = \overline{d}\,\overline{s}\,\overline{f};$$

— pentru F_s:

$$F_s = D_{1:(1,\,21,\,31,\,41,\,61,\,71),\ 0:(0,\,3,\,4,\,10,\,12,\,20,\,23,\,24,\,25,\,30,\,32,\,33,\,34,\,35,\,40,\,43,\,44,\,60,\,63,\,64,\,70,\,73,\,74),}^{OP_dP_sdsf}$$

$$\overset{20}{1}\ /\ 21\ /\ \overset{10}{11}\ \overset{40}{31}\ /\ 41\ 61\ 51\ 71,$$

$$D_{\underline{00}\ 0\ 001}^{OP_dP_sdsf} = \overline{d}sf;$$

rezultă deci

$$F_s = \bar{d}\bar{s}f.$$

Funcțiile logice M_s și M_d rezultă direct din diagrama de faze. Din aceasta se observă că

$$M_d = d \text{ și } M_s = s.$$

Schema cu contacte structurată, folosind funcțiile logice deduse mai sus, este reprezentată în figura 11.11 *a*.

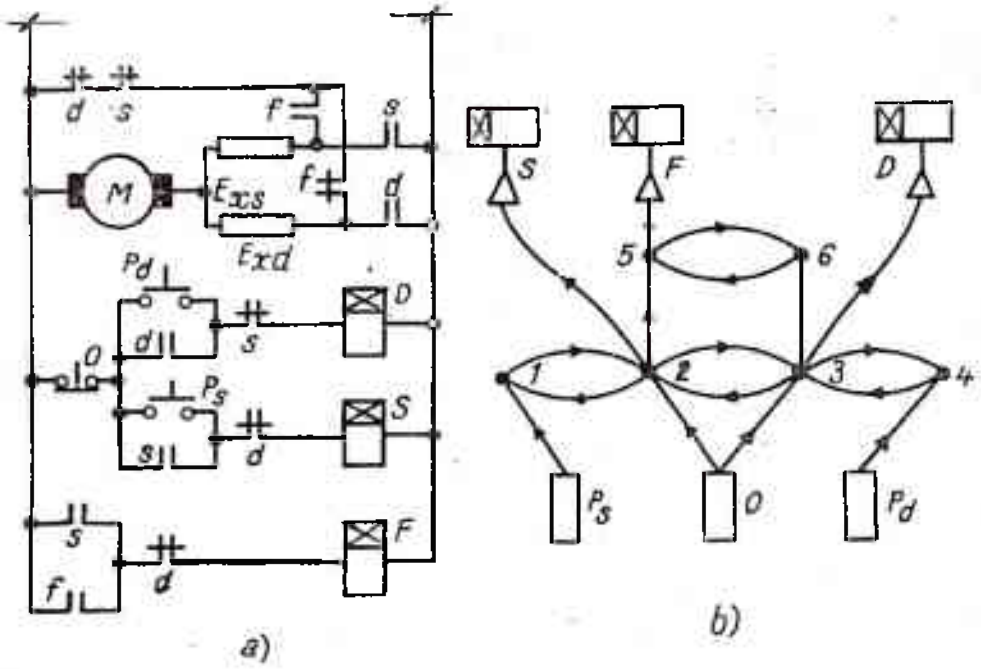


Fig. 11.11. — Comanda automată a pornirii reversibile și frînării unui motor serie de c.c.

Funcțiile logice ale variabilelor de ieșire asociate celor trei contactoare folosite în schemă evidențiază existența a trei circuite de memorie. Ele apar mai evident în schema modulară UNILOG, dată în figura 11.11 *b*, schemă care se referă numai la comanda celor trei contactoare.

Exemplul 11.6. Să se facă sinteza schemei de comandă automată a pornirii nereversibile a unui motor de c.c. cu scurtcircuitarea temporizată în două trepte a reostatului de pornire. Comenzile de

pornire și oprire sînt date prin acționarea butoanelor cu revenire P și O, iar temporizarea este asigurată de două relee de timp R_1 și R_2.

Pentru controlul scurtcircuitării celor două trepte ale reostatului de pornire se impune folosirea a două contactoare auxiliare A și B.

Avînd în vedere că starea contactorului L și a primului releu de timp R_1 depinde numai de variabilele P, O și l, iar starea celui de-al doilea releu de timp R_2 și a contactoarelor auxiliare A și B depinde numai de contactele r_1, r_2 și a, vom considera două simboluri de marcare și vom codifica diagrama de faze din figura 11.12., corespunzător acestora.

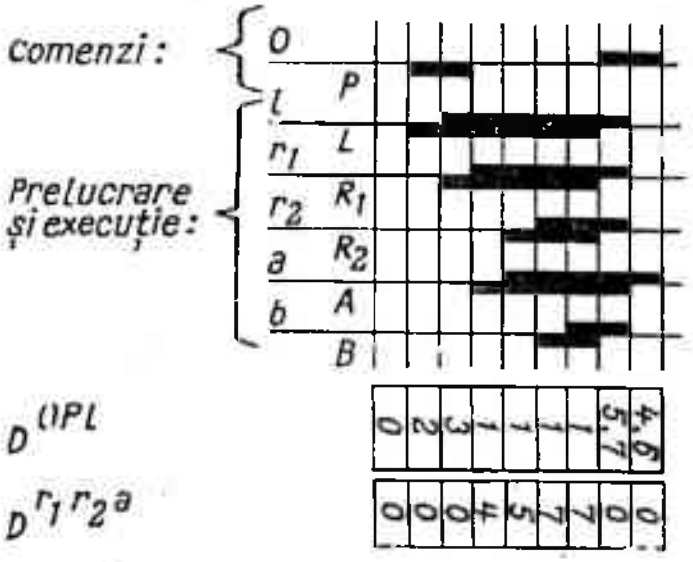


Fig. 11.12. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.6.

Din această diagramă rezultă

$$L = D^{OPl}_{(1,\,2,\,3)} = \overline{O}\,(P \cup l),$$

$$R_1 = D^{OPl}_{(1,\,3)} = \overline{O}l,$$

$$R_2 = D^{r_1\,r_2\,a}_{(5,\,7,\,1^*,\,2^*,\,3^*,\,6^*)} = a,$$

$$A = D^{r_1\,r_2\,a}_{(4,\,5,\,7,\,1^*,\,2^*,\,3^*,\,6^*)} = r_1,$$

$$B = D^{r_1\,r_2\,a}_{(7,\,1^*,\,2^*,\,3^*,\,6^*)} = r_2.$$

Scanned with OKEN Scanner

Rezultă schemele cu şi fără contacte, date în figurile 11.13*a* şi 11.13*b*. Remarcăm că în schema fără contacte temporizările sînt asigurate cu ajutorul elementelor modulare „timp".

Schema cu contacte care face obiectul acestui exemplu este sintetizată prin metoda folosirii directe a formulei de interpolare a lui Lagrange în lucrarea [13, p. 231].

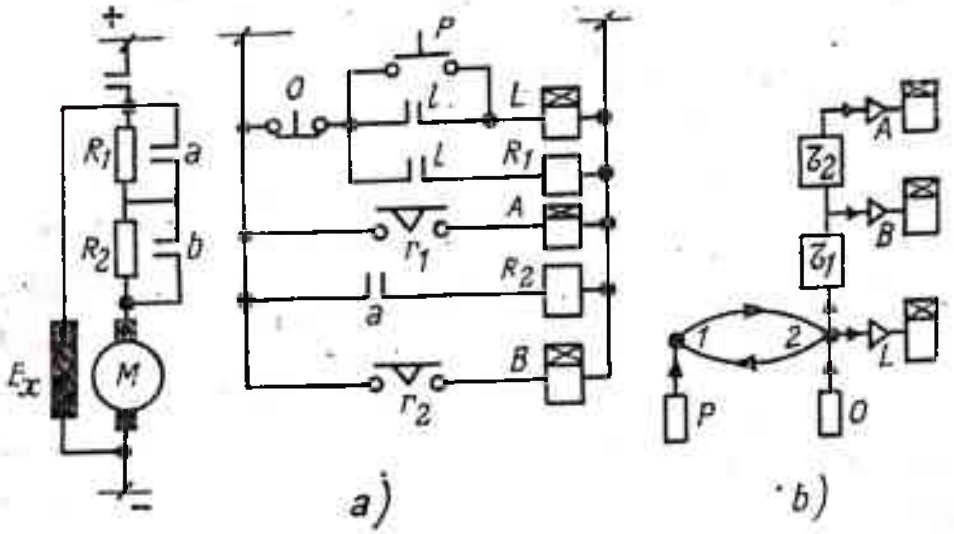


Fig. 11.13. — Comanda automată a pornirii funcţie de timp a unui motor de c.c.

Exemplul 11.7. Să se facă sinteza schemei de comandă automată reversibilă cu frînare prin cuplare inversă şi scurtcircuitarea temporizată în două trepte a reostatului de pornire a unui motor de c.c. derivaţie.

Controlul sensului de rotaţie şi a stării de repaus se face cu ajutorul a două relee conectate la bornele indusului prin două elemente redresoare.

Comenzile de pornire-oprire se fac prin trei butoane cu revenire P_d, P_s şi O.

Diagrama de faze, trasată în figura 11.14 evidenţiază secvenţele de lucru ale schemei. Realizarea funcţiilor cerute schemei impune folosirea contactoarelor D şi S, prin care se asigură cuplarea motorului la reţea pentru cele două sensuri de rotaţie, a contactoarelor C_i, A_1 şi A_2, prin care se controlează rezistoarele din circuitul indusului motorului, a releelor de timp R_1 şi R_2 şi a celor de sens R_d şi R_s.

Trasarea diagramei de faze s-a făcut avîndu-se în vedere specificațiile schemei și posibilitățile de comutare ale releelor și a contactoarelor folosite. Se impune o atenție deosebită la stabilirea acestei diagrame, evitîndu-se trecerile între stări neadiacente.

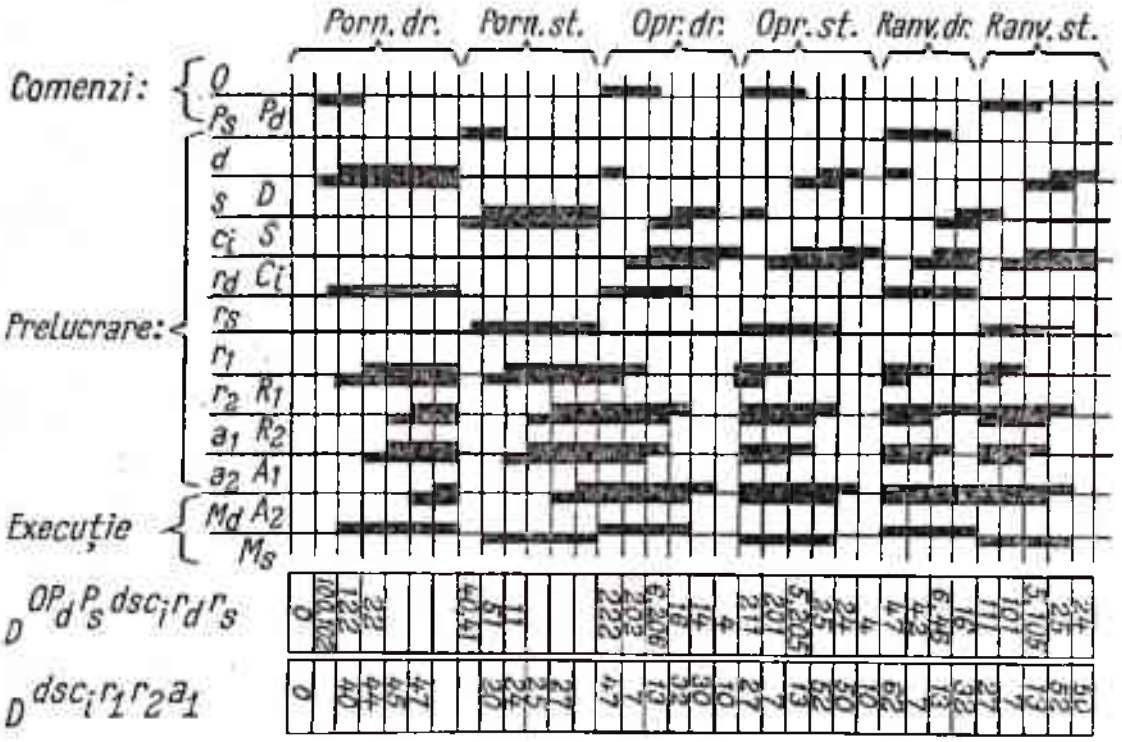


Fig. 11.14. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.7.

Secvențele de lucru ale schemei corespund la pornirea spre dreapta, oprirea din sensul de rotație spre dreapta și ranversarea sensului de rotație plecînd de la rotația spre dreapta. Celelalte trei secvențe, care corespund cazului cînd motorul se rotește spre stînga se trasează ușor prin analogie cu primele secvențe, deduse pe cale logică.

Trebuie să subliniem că rezultatul sintezei depinde total de reflectarea în diagrama de faze a specificațiilor schemei. Trecerile neadiacente între stări cuprinse de același simbol de marcare duce la apariția hazardului de curse în funcționarea schemei. Pentru a le evita nu trebuie să admitem ca schimbarea valorii binare a unei variabile de intrare să modifice simultan valorile binare a mai multor variabile de ieșire, conținute de același simbol de marcare, ci cel

mult numai a uneia singure. Este vorba de variabilele de ieşire care au ataşate şi variabile secundare.

O variabilă de intrare poate însă modifica simultan valorile binare a mai multor variabile de ieşire, care însă nu au asociate şi variabile secundare cuprinse în acelaşi simbol de marcare.

Funcţionarea schemei de comutaţie poate fi descrisă de cele două simboluri de marcare indicate în diagrama de faze. Prin această divizare se simplifică procesul de sinteză. Ea este posibilă atunci cînd variabilele de ieşire ale schemei nu depind de toate variabilele de intrare, ci numai de o parte a acestora.

În cazul nostru se poate considera că variabilele de ieşire D, S şi C_i depind de un grup de variabile de intrare, în timp ce restul celorlalte variabile de ieşire depind de alt grup de variabile. Aceste dependenţe se pot deduce din diagrama de faze.

Codificarea stărilor pentru cele două simboluri de marcare se face folosind şablonul de codare, ca în exemplul 11.1. Se deduc astfel numerele de stare înscrise pe diagrama de faze din figura 11. 14.

Pentru funcţia logică D, se obţine

$$D = D^{OP_a\ P_s\ dsc_i\ r_a\ r_s}$$
$$1 : (5,\ 22,\ 25,\ 105,\ 102,\ 100,\ 122,\ 205),$$
$$0 : (0,\ 4,\ 6,\ 11,\ 14,\ 16,\ 24,\ 40,\ 41,\ 42,46,\ 51,\ 62,\ 101,\ 111,\ 201,\ 202,\ 206,\ 211,\ 222),$$

$$10\frac{\overset{20}{5}}{\underset{15}{}} / \overset{100}{25} / \overset{2}{105\ 125} / 7\ 27\ 107\ 127,$$
$$40\frac{}{45}$$
$$200\frac{25}{205}$$
$$\ldots$$

$$D^{OP_a\ P_s\ dsc_i\ r_a\ r_s}_{\underline{0}\ \underline{0}\ \ \underline{0}\ \ \underline{001}\ \underline{0}\ 1} = c_i\ r_s,$$

$$10\ \frac{\overset{100}{22}}{\underset{32}{}} / \overset{20}{122} / \overset{1}{2\ 102} / 23\ 123\ 3\ 103,$$

$$D^{OP_a\ P_s\ dsc_i\ r_a\ r_s}_{0\ \underline{0}\ \ 0\ \ \underline{100}\ 1\ \underline{0}} = \overline{OP_s}\ \bar{c}_i\ r_a.$$

$$\begin{array}{l} \quad\quad 200 \quad 40 \quad\quad 20 \\ 10\ \underline{100} \ /\ 300\ /\ 140\ 340\ /\ 120\ 320\ 160\ 360, \\ \quad 4\ \underline{110} \\ \quad\quad 104 \\ \quad 2\ \underline{114} \\ \quad\quad 102 \\ \quad\quad \ldots \end{array}$$

$$D^{O P_d P_s dsc_i r_d r_s}_{\underline{0}\ 1\ \ \underline{0}\ \ \underline{000}\ \underline{0}\ 0} = P_d \bar{r}_s.$$

Rezultă deci

$$D = \overline{O}\,\overline{P}_s \bar{c}_i r_d \cup P_d \bar{r}_s \cup c_i r_s.$$

Simetria comenzilor ne mai permite să scriem

$$S = \overline{O}\,\overline{P}_d \bar{c}_i r_s \cup P_s \bar{r}_d \cup c_i r_d.$$

Pentru funcția logică a contactorului de cuplare inversă, C_i, deducem

$$C_i = D^{O P_d P_s dsc_i r_d r_s}$$
$$1 : (5, 6, 14, 16, 24, 25, 42, 46, 101, 105, 201, 202, 205, 206),$$
$$0 : (0, 4, 11, 22, 40, 41, 51, 62, 100, 102, 111, 122, 211, 222),$$

$$\begin{array}{l} \quad\quad 20 \quad 100 \quad\quad 200 \\ 4\ \underline{5} \ /\ 25\ /\ 105\ 125\ /\ 205\ 225\ 305\ 325, \\ 2\ \underline{1} \\ \quad\ 7 \\ \quad\ \ldots \end{array}$$

$$D^{O P_d P_s dsc_i r_d r_s}_{\underline{0}\ \underline{0}\ \ 0\ \ \underline{001}\ \underline{0}\ 1} = \overline{P}_s \bar{s} r_d,$$

$$\begin{array}{l} \quad\quad 10 \quad 40 \quad\quad 200 \\ 4\ \underline{6} \ /\ 16\ /\ 46\ 56\ /\ 206\ 216\ 246\ 256, \\ 1\ \underline{2} \\ \quad\ 7 \\ \quad\ \cdot \end{array}$$

$$D^{O P_d P_s dsc_i r_d r_s}_{\underline{0}\ 0\ \ \underline{0}\ \ \underline{001}\ 1\ \underline{0}} = \overline{P}_d \bar{d} r_d,$$

$$\begin{array}{lcl} & 1 & 2 \quad\quad 20 \\ 40 & \underline{14} & / 15 / 16\ 17 / 34\ 35\ 36\ 37, \\ 100 & \overline{54} & \\ & \underline{114} & \\ 200 & \underline{154} & \\ & \overline{214} & \\ & \ldots & \end{array}$$

$$D^{OP_d\ P_s\ dsc_i\ r_d\ r_s}_{\underline{0}\ \underline{0}\ \ \underline{0}\ \underline{011}\ \underline{0}\ \ \underline{0}} = sc_i,$$

$$\begin{array}{lcl} & 1 & 2 \quad\quad 10 \\ & \underline{24} & / 25 / 26\ 27 / 34\ 35\ 36\ 37 \\ 40 & \overline{64} & \\ 100 & \underline{124} & \\ 200 & \underline{164} & \\ & \overline{224} & \\ & \ldots & \end{array}$$

$$D^{OP_d\ P_s\ dsc_i\ r_d\ r_s}_{\underline{0}\ \underline{0}\ \ \underline{0}\ \underline{101}\ \underline{0}\ \ \underline{0}} = dc_i.$$

Rezultă deci

$$C_i = \overline{P}_s\, \overline{s}r_s \cup \overline{P}_d\, \overline{d}r_d \cup c_i\,(s \cup d).$$

Pentru R_1 avem

$$R_1 = D^{dsc_i\ r_1\ r_2\ a_1}$$
$$1 : (20,\ 24,\ 25,\ 27,\ 40,\ 44,\ 45,\ 47),$$
$$0 : (0,\ 7,\ 10,\ 13,\ 30,\ 32,\ 50,\ 51),$$

$$\begin{array}{lcl} & 4 & 1 \quad\quad 2 \\ 40 & \underline{20} & / 24 / 21\ 25 / 22\ 26\ 23\ 27, \\ & \overline{60} & \end{array}$$

$$D^{dsc_i\ r_1\ r_2\ a_1}_{\underline{0}10\ \underline{0}\ \ \underline{0}\ \ \underline{0}} = s\bar{c}_i,$$

$$20\ \frac{40}{60}\ \overset{1}{/}\ 41\ \overset{2}{/}\ 42\ 43\ \overset{4}{/}\ 44\ 45\ 46\ 47,$$

$$D^{dsc_i\ r_1\ r_2\ a_1}_{100\ 0\ 0\ 0} = d\bar{c}_i.$$

Rezultă deci

$$R_1 = \bar{c}_i\ (d \cup s).$$

Pentru R_2 avem

$$R_2 = D^{dsc_i\ r_1\ r_2\ a_1}$$
$$1 : (7,\ 13,\ 25,\ 27,\ 45,\ 47);$$
$$0 : (0,\ 10,\ 20,\ 24,\ 30,\ 32,\ 40,\ 44,\ 50,\ 52),$$

$$2\ \frac{7}{5}\ \overset{20}{/}\ 27\ \overset{40}{/}\ 47\ 67,$$
$$4\ \frac{}{3}$$
$$10\ \frac{1}{17}$$
$$\ldots$$

$$D^{dsc_i\ r_1\ r_2\ a_1}_{\underline{000}\ 1\ 1\ 1} = a_1.$$

Rezultă

$$R_1 = a_1.$$

Pentru A_1, avem

$$A_1 = D^{dsc_i\ r_1\ r_2\ a_1}$$
$$1 : (7,\ 24,\ 25,\ 27,\ 44,\ 45,\ 47),$$
$$0 : (0,\ 10,\ 13,\ 20,\ 30,\ 32,\ 40,\ 50,\ 52),$$

Scanned with OKEN Scanner

$$\begin{array}{l} \quad\ 10 \quad 1 \quad\ 2 \\ 20\ \underline{7}\ /\ 17\ /\ 6\ 16\ /\ 5\ 15\ 4\ 14, \\ 40\ \underline{27} \\ \quad\ \underline{47} \\ \quad\ \cdot\cdot \end{array}$$

$$D^{dsc_i\, r_1\, r_2\, a_1}_{\underline{000}\ 1\ \underline{1}\ \underline{1}} = r_1.$$

Rezultă

$$A_1 = r_1.$$

Pentru A_2 avem

$$A_2 = D^{dsc_i\, r_1\, r_2\, a_1}$$
$$\underline{1} : (7,\ 13,\ 27,\ 32,\ 47,\ 52);$$
$$0 : (0,\ 10,\ 20,\ 24,\ 25,\ 30,\ 40,\ 44,\ 45,\ 50),$$

$$\begin{array}{l} \quad\ 10 \quad 20 \quad\ 40 \\ 4\ \underline{7}\ /\ 17\ /\ 27\ 37\ /\ 47\ 57\ 67\ 77, \\ 1\ \underline{3} \\ \quad\ \underline{6} \\ \quad\ \cdot \end{array}$$

$$D^{dsc_i\, r_1\, r_2\, a_1}_{\underline{000}\ \underline{1}\ 1\ \underline{1}} = r_2.$$

Rezultă

$$A_2 = r_2.$$

Schema de comutaţie dinamică este reprezentată în figura 11.15. La structurarea ei s-a urmărit folosirea în comun a unor contacte sau grupuri de contacte.

Schema de comutaţie statică este reprezentată în figura 11.16. Ea prezintă unele particularităţi.

Astfel releele de timp sînt înlocuite cu module „timp", iar funcţia releelor de sens R_s şi R_s este preluată de tensiunea culeasă la bornele indusului ($+U$ şi $-U$). Potenţialele electrice ale periilor indusului înlocuiesc semnalele aferente contactelor r_d şi r_s. Diodele D_1 şi D_2 din această schemă, conectate cu un capăt

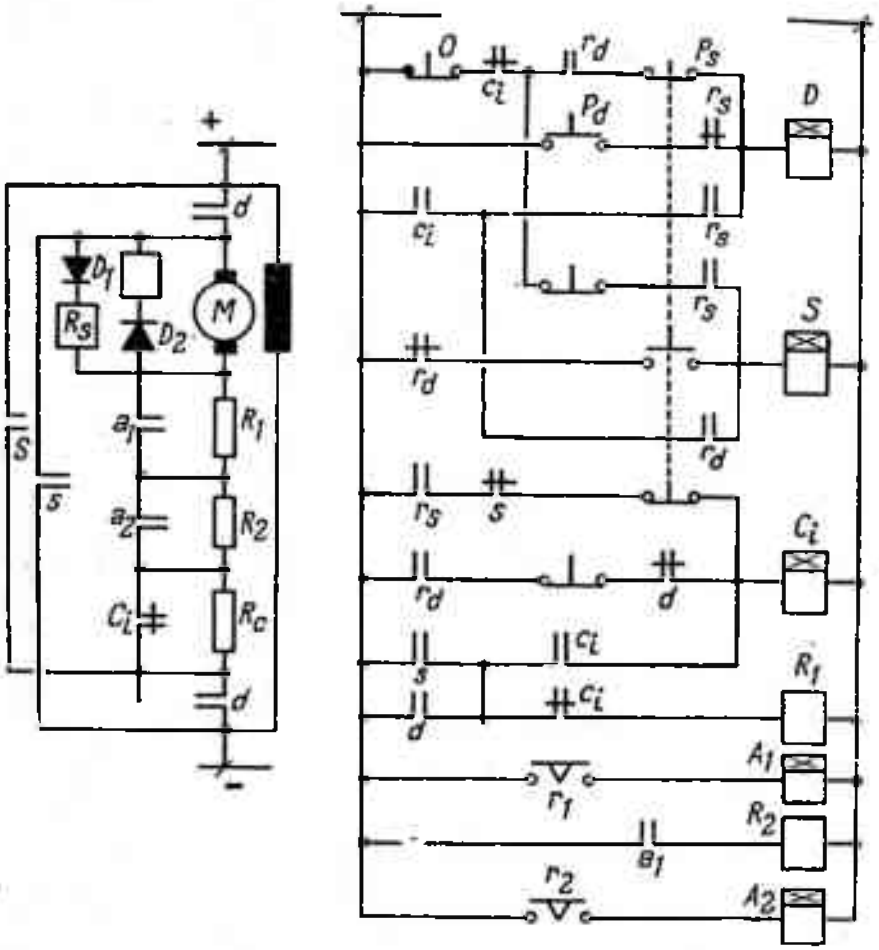


Fig. 11.15. — Schema cu contacte pentru comanda automată, reversibilă, cu frînare prin contraconectare și pornire temporizată a unui motor de c.c.

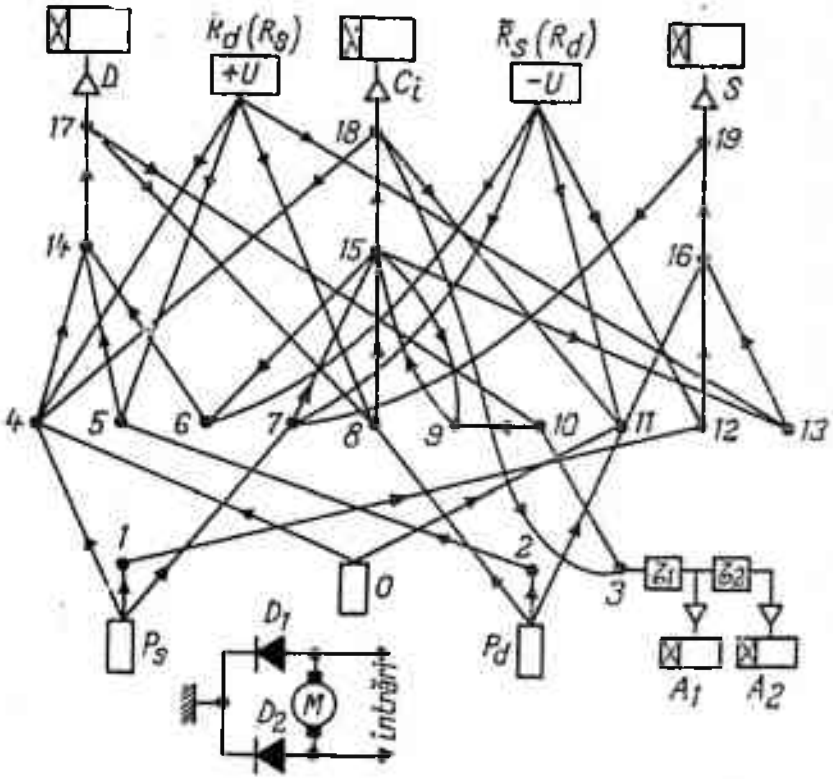


Fig. 11.16. — Schema fără contacte pentru comanda automată reversibilă, cu frînare prin contraconectare și pornire temporizată a unui motor de c.c.

Scanned with OKEN Scanner

la periile colectoare ale indusului şi cu celălalt capăt la bara emitoarelor tranzistoarelor folosite la realizarea modulelor „nici", fac ca diferenţa de potenţial U să se aplice la intrările tranzistoarelor cu o polaritate sau alta în funcţie de sensul de rotaţie al indusului.

Pragul de acţionare asupra schemei de comutaţie statică depinde, evident, de nivelul tensiunii necesare pentru comanda intrărilor modulelor „nici". Se pot prevedea dispozitive de ajustare a tensiunii U, astfel încît acest prag (tensiune minimă de acţionare) să fie programabil.

În fapt, diodele reprezentînd un scurtcircuit pentru cazul cînd potenţialul este $+U$, pe bazele tranzistoarelor care realizează funcţiile logice „nici" se va aplica numai potenţialul electric $-U$ atunci cînd apare, funcţie de sensul de rotaţie al indusului.

În fine, pentru ridicarea nivelului puterii semnalelor de ieşire se utilizează amplificatoare, care au drept sarcină bobinele de excitaţie ale contaactoarelor D, C_i, S, A_1 şi A_2, sau circuitele de bază ale tiristoarelor ce le înlocuiesc.

În cazul cînd numărul de intrări sau de ieşiri la un modul „nici" depăşeşte pe cel admis prin construcţia modulului, sînt necesare module suplimentare.

Dacă presupunem că modulul „nici" nu admite decît k ieşiri, atunci se folosesc $k-1$ ieşiri normale, iar ieşirea k se aplică unui grup de două module „nici" suplimentare legate în serie. La ieşirea ultimului modul dispunem astfel de încă k ieşiri, astfel încît în total dispunem de $2k-1$ ieşiri.

Similar se poate proceda cînd este depăşit numărul intrărilor pentru modulul „nici".

Remarcăm că, dacă n-am fi folosit reprezentarea schemei de comutaţie statică sub forma de graf orientat, în reprezentarea obişnuită, folosind simbolurile de reprezentare admise în general, ar fi rezultat o schemă foarte complicată, mult mai dificil de modelat experimental pe un simulator logic sau de realizat practic.

Exemplul 11.8 Să se facă sinteza schemei de comandă automată a pornirii unui motor sincron în asincron.

Iniţial, statorul motorului este alimentat la o tensiune redusă prin intermediul unor reactoare.

După un interval de timp programabil, statorul se alimentează la tensiune normală şi în momentul îndeplinirii condiţiilor de sincronizare se conectează excitaţie rotorului. Dacă condiţiile

Scanned with OKEN Scanner

de sincronizare nu sînt îndeplinite în intervalul de timp programat, motorul se opreşte şi comanda trebuie refăcută.

Comanda de pornire-oprire se dă prin intermediul butoanelor cu revenire P şi O, temporizările necesare sînt programate prin reglarea timpului de anclanşare a contactelor cu întîrziere mecanică (relee pendulare), controlate de contactoarele de cuplare la reţeaua de alimentare a statorului, iar controlul sincronizării este făcut printr-un releu conectat în circuitul rotorului.

Butonul de oprire îndeplineşte funcţia de întrerupător general, ca şi contactele releelor de protecţie maximală sau de protecţie termică ce asigură protecţia motorului.

Grupul variabilelor primare va cuprinde variabila P ataşată butonului de pornire, contactul releului de sincronizare r_s, variabilele a_t şi l_t asociate contactelor temporizate ale contactoarelor A şi L, care servesc la cuplarea statorului motorului la reţeaua de alimentare, şi variabilele secundare a şi l asociate aceloraşi contactoare. De funcţia logică a variabilei ataşate butonului O se va ţine seama numai la stabilirea formulei finale obţinute prin sinteză.

Pentru controlul cuplării excitatricei în circuitul rotorului se impune folosirea unui contactor auxiliar S.

Expresiile logice ale celor trei variabile de ieşire vor fi descrise deci de simbolul de marcare

$$F(A, L, S) = D^{Pa_t\, al_t\, lsr_s},$$

alături, de care se pot considera funcţiile logice ale releului R_s şi excitatricei E, care vor depinde de simbolul de marcare

$$F(R_s, E) = D^s$$

Cu aceste date putem trece la stabilirea diagramei de faze, pe care o reprezentăm în figura 11.17.

Stabilirea celor două secvenţe de lucru date în această diagramă s-a făcut plecînd de la următoarele consideraţii. Prin apăsarea butonului de pornire P se excită bobina contactorului A prin care statorul motorului este cuplat la tensiunea redusă de alimentare. Prin aceasta, releul R_s din circuitul rotoric devine excitat prin tensiunea indusă de stator în rotor, întrucît motorul în momentul pornirii se comportă analog unui transformator static.

Dacă se dezacţionează butonul P, starea schemei nu se modifică.

După intervalul de timp programat, prin anclanşarea contactului temporizat al contactorului A se pune sub tensiune contactorul principal L, prin care motorul devine alimentat la tensiunea

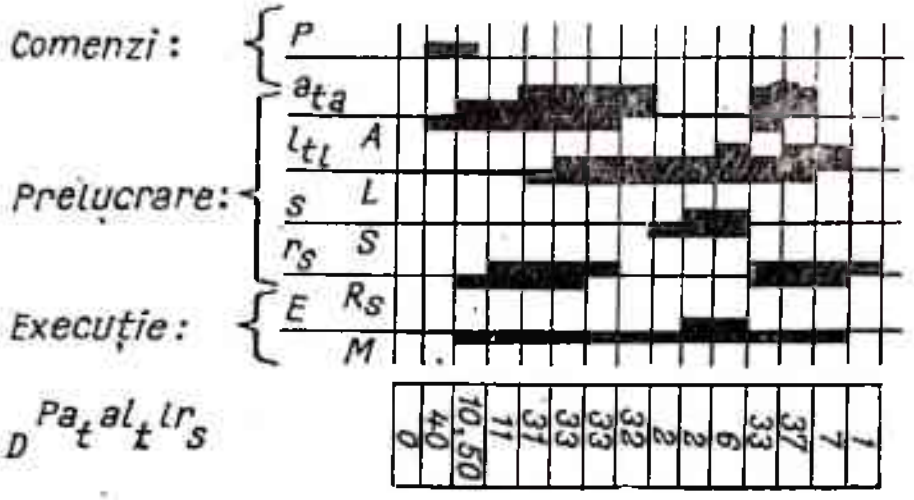


Fig. 11.17. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.8.

normală. În această stare, rotorul motorului atinge viteza subsincronă şi curentul din circuitul rotorului are o frecvenţă foarte mică, astfel încît în pauzele dintre două alternanţe releul R_s poate scăpa armătura sa şi deci poate declanşa.

Comportarea contactelor releului de sincronizare este similară contactelor temporizate. Ele declanşează numai atunci cînd frecvenţa tensiunii de excitaţie a acestui releu este suficient de mică (condiţia de sincronism), astfel încît armătura releului să poată scăpa în pauzele dintre pulsurile tensiunii de excitaţie furnizate de rotor.

Dacă în timpul programat releul R_s declanşează, adică sînt îndeplinite condiţiile de sincronizare, schema trece în starea finală. În caz contrar, dacă după scurgerea timpului programat prin temporizarea contactului l_t nu se îndeplinesc condiţiile de sincronism, releul R_s rămîne anclanşat şi drept urmare motorul se opreşte. În acest caz comanda de pornire trebuie repetată.

În urma codificării stărilor date de diagrama de faze din figura 11.17 rezultă

$$A = D^{Pa_t\, al_t\, lr_s}_{1:(10,\ 11,\ 31,\ 33,\ 40,\ 50),\ 0:(0,\ 1,\ 2,\ 6,\ 7,\ 32,\ 37),}$$

$$\begin{array}{l} \quad\quad\quad 1 \quad\; 20 \\ 40\ \underline{\underline{10}} \;/\; 11 \;/\; 30\ 31, \\ 4\ \underline{\underline{50}} \\ \quad\ \underline{\underline{14}} \\ \quad\ \cdot\cdot \end{array}$$

$$D^{Pa_t\, al_t\, lr_s}_{\underline{0}\ \underline{0}\ 1\underline{0}\ 0\underline{0}} = a\bar{l},$$

$$\begin{array}{l} \quad\quad\quad 10 \quad 20 \\ 40\ \underline{\underline{33}} \;/\; 23 \;/\; 13\ 3, \\ \quad\ \underline{\underline{73}} \end{array}$$

$$D^{Pa_t\, al_t\, lr_s}_{\underline{0}\ \underline{1}\ \underline{1}011} = \bar{l}_t\, lr_s,$$

$$\begin{array}{l} \quad\quad\quad 1 \quad\; 2 \\ \quad 4\ \underline{\underline{40}} \;/\; 41 \;/\; 42\ 43, \\ 10\ \underline{\underline{44}} \\ \quad\ \underline{\underline{50}} \\ 20\ \underline{\underline{54}} \\ \quad\ \underline{\underline{60}} \\ \quad\ \cdot\cdot \end{array}$$

$$D^{Pa_t\, al_t\, lr_s}_{1\ \underline{0}\ \underline{00}\,\underline{00}} = P.$$

Rezultă deci

$$A = (P \cup a\bar{l}_t \cup \bar{l}_t\, lr_s)\,\overline{O}.$$

Pentru L avem

$$L = D^{Pa_t\, al_t\, lr_s}_{1:(2,\ 6,\ 31,\ 32,\ 33,\ 37);\ 0:(0,\ 1,\ 7,\ 10,\ 11,\ 40,\ 50),}$$

$$\begin{array}{l} \quad\quad\quad\quad 4 \quad 10 \quad\quad\quad 20 \\ 40\ \underline{\underline{2}} \;/\; 6 \;/\; 12\ 16 \;/\; 22\ 26\ 32\ 36, \\ \quad\ \underline{\underline{42}} \end{array}$$

$$D^{Pa_t\, al_t\, lr_s}_{\underline{0}\ \underline{0}\ \underline{00}\,10} = l\bar{r}_s,$$

$$13\ \frac{21}{41}\ /\ 33\ /\ 35\ 37\ ;\ 29\ 32\ 34\ 36,$$
$$40\ 41$$
$$\ldots$$

$$D^{Pa_t\, al_t\, lr_s}_{0\ 1\ 10\ 01} = a_t .$$

Rezultă deci

$$L = (l\bar{r}_s \cup a_t)\,\overline{O} .$$

Pentru S avem

$$S = D^{Pa_t\, al_t\, lr_s}_{1:(2,\ 6);\ 0:(0,\ 1,\ 7,\ 10,\ 11,\ 31,\ 32,\ 33,\ 37,\ 40,\ 50),}$$

$$40\ \frac{2}{42}\ /\ 6\ /\ 12\ 16,$$

$$D^{Pa_t al_t l r_s}_{0\ 0\ 00\ 10} = \bar{a}_t l\bar{r}_s .$$

Rezultă deci

$$S = \bar{a}_t\, l\bar{r}_s\, \overline{O} .$$

Funcţiile logice ale releului R_s şi ale circuitului de excitaţie a motorului rezultă direct din diagrama de faze

$$R_s = \bar{s} \quad \text{şi} \quad E = s.$$

Schemele cu şi fără contacte sînt date în figurile 11.18 şi 11.19.

O schemă cu contacte îndeplinind funcţii similare este dată în [12, p. 285] şi de asemenea o astfel de schemă a fost sintetizată, folosind direct formula de interpolare a lui Lagrange, în lucrarea [4, p. 278].

Scanned with OKEN Scanner

Exemplul 11.9. Să se facă sinteza schemei de comandă automată a unei prese de ambutisat.

Antrenarea poansonului presei se face acționînd o cuplă electromagnetică care cuplează excentricul presei la un arbore în rotație continuă.

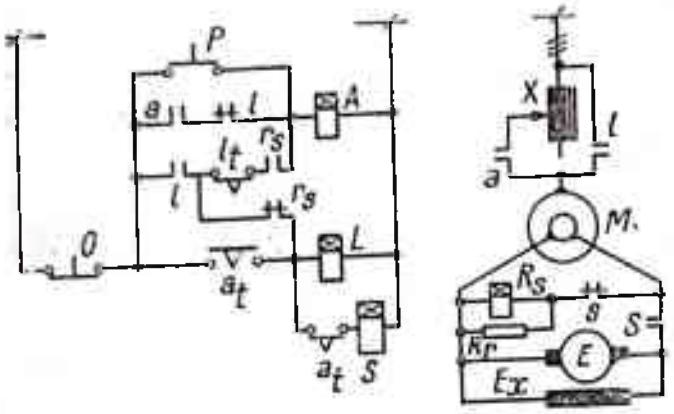


Fig. 11.18. — Comanda automată a pornirii unui motor sincron în asincron.

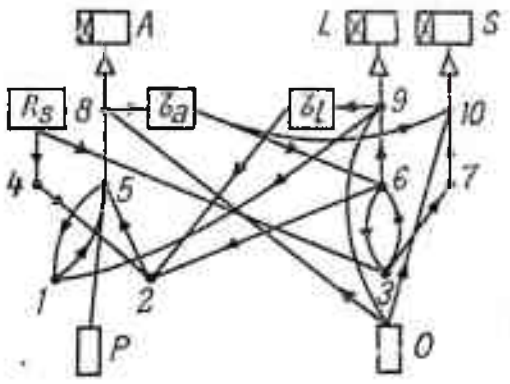


Fig. 11.19. — Comanda automată a pornirii unui motor sincron în asincron.

Specificațiile schemei sînt :

a) Pornirea presei (pentru coborîre) se face numai prin apăsarea simultană pe două butoane B_1 și B_2, pentru a asigura protecția mîinilor operatorului.

b) Eliberarea oricărui buton, B_1 sau B_2 înainte de atingerea unui contact fine de cursă inferior C_1, oprește mișcarea presei.

c) După atingerea contactului C_1 presa continuă mișcarea ridicînd poansonul chiar dacă butoanele B_1 și B_2 se eliberează.

d) Cînd presa ajunge în poziția superioară se atinge contactul C_2 și după aceea presa se oprește.

e) Presa nu trebuie să pornească chiar dacă se mai continuă apăsarea butoanelor B_1 și B_2, deci ea nu execută decît un singur ciclu la o apăsare a butoanelor ; un nou ciclu poate începe numai după eliberarea ambelor butoane și darea unei noi comenzi.

f) Atingerea accidentală a contactului C_1 nu trebuie să pornească presa.

Analiza specificațiilor date prin enunțul problemei de sinteză evidențiază următoarele stări distincte, stabile ale schemei

— starea care precede acționării contactului C_1,
— starea care succede acționării contactului C_1,
— starea care succede acționării contactului C_2.

Pentru memorarea acestor stări sînt necesare două variabile secundare.

Considerăm drept variabile secundare variabilele a şi z, asociate variabilelor de ieşire A şi Z. Variabila de ieşire Z o asociem cuplei electromagnetice.

Rezultă deci raportul de stare

$$\frac{B_1B_2C_1 \cdot C_2az}{AZ}$$

Codificat, specificaţiile date prin enunţ, se exprimă astfel:
Specificaţia a)

$$\frac{0}{0} \xrightarrow{B_1=B_2=1} \frac{60}{1} \xrightarrow{z=1} \frac{61}{1}$$

Specificaţia b)

$$61 \xrightarrow{B_1=0} \frac{21}{0}\ ;\quad 61 \xrightarrow{B_2=0} \frac{41}{0}\ ;\quad 61 \xrightarrow{B_1=B_2=0} \frac{1}{0}$$

Specificaţia c)

$$61 \xrightarrow{C_1=1} \frac{71}{3} \xrightarrow{a=1} \frac{73}{3} \xrightarrow{C_1=0} \frac{63}{3}$$

$$73 \xrightarrow{B_1=0} \frac{33}{3}\ ;\quad 73 \xrightarrow{B_2=0} \frac{53}{3}\ ;\quad 73 \xrightarrow{B_1=B_2=0} \frac{13}{3};$$

$$63 \xrightarrow{B_1=0} \frac{23}{3}\ ;\quad 63 \xrightarrow{B_2=0} \frac{43}{3}\ ;\quad 63 \xrightarrow{B_1=B_2=0} \frac{3}{3}.$$

Specificaţia d):

$$3 \xrightarrow{C_2=1} \frac{7}{0} \xrightarrow{a=z=0} \frac{4}{0} \xrightarrow{C_2=0} 0.$$

Scanned with OKEN Scanner

Specificația e)

$$63 \xrightarrow{C_2=1} \frac{67}{2} \xrightarrow{z=0} \frac{66}{2} \xrightarrow{C_2=0} \frac{62}{2} \xrightarrow{B_1=B_2=0} \frac{2}{0} \xrightarrow{a=0} 0.$$

Specificația f):

Examinînd stările ce corespund la $Z = 0$, rezultă:

$$\frac{10}{0}\ ;\ \frac{31}{0}\ ;\ \frac{51}{0}\ ;\ \frac{11}{0}\ ;\ \frac{17}{0}\ ;\ \frac{14}{0}\ ;\ \frac{77}{2}\ ;\ \frac{76}{2}\ ;\ \frac{72}{2}\ ;\ \frac{12}{0}.$$

Pe baza formelor codificate ale stărilor schemei, se deduce următorul simbol de marcare:

$$F(A, Z) = D^{B_1B_2C_1 \cdot C_2\ az}$$
$$A: 1: (3, 13, 23, 33, 43, 53, 62, 63, 66, 67, 71, 72, 73, 76, 77)$$
$$0: (0, 1, 2, 4, 7, 10, 11, 12, 14, 17, 21, 31, 41, 51, 60, 61)$$
$$Z: 1: (3, 13, 23, 33, 43, 53, 60, 61, 63, 71, 73)$$
$$0: (0, 1, 2, 4, 7, 10, 11, 12, 14, 17, 21, 31, 41, 51, 62, 66, 67, 72, 76, 77).$$

Grupele de numere de stare adiacente specifice variabilelor A și Z sînt:

Pentru A

$$\overset{10}{3} \;/\; \overset{20}{13} \;/\; \overset{40}{23\ 33} \;/\; 43\ 53\ 63\ 73 \longrightarrow \underline{000}.011 \rightarrow \overline{C}_2\ az.$$

$$20\,\frac{\overset{4}{62}}{42} \;/\; \overset{1}{66} \;/\; \overset{10}{63\ 67} \;/\; 72\ 76\ 73\ 77 \longrightarrow \underline{110}.\underline{010} \rightarrow B_1\ a.$$
$$\ldots\ldots$$

$$\overset{1}{71} \;/\; \overset{2}{70} \;/\; \overset{4}{73\ 72} \;/\; 75\ 74\ 77\ 76 \longrightarrow 111.\underline{001} \rightarrow B_1B_2C_1.$$

Pentru Z

$$\begin{array}{l} \overset{10}{3} \;/\; 13 \;/\; 23\ 33 \;/\; 43\ 53\ 63\ 73 \longrightarrow \underline{000}.011 \rightarrow \overline{C}_2\, az. \\ \overset{1}{60} \;/\; 61 \;/\; 70\ 71 \;/\; 64\ 65\ 74\ 75 \longrightarrow 11\underline{0}.\underline{000} \rightarrow B_1 B_2 \bar{a}. \end{array}$$

Rezultă expresiile logice :

$$A = \overline{C}_2 az \cup B_1(a \cup B_2 C_1)$$

$$Z = \overline{C}_2 az \cup B_1 B_2 \bar{a}.$$

Ele corespund schemei date în figura 11.20 *a* şi 11.20 *b* şi cu rezultatele date în lucrarea [33. p. 312]

Contactele B_1 şi B_2 pot fi folosite în comun de funcţiile lui A şi Z întrucît circuitele logice suplimentare apărute au valoare logică 0.

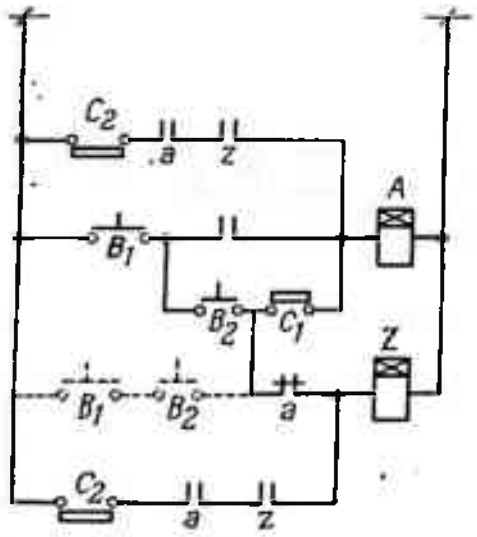


Fig. 11.20a. — Schema de comutaţie dinamică pentru exemplul 11.9.

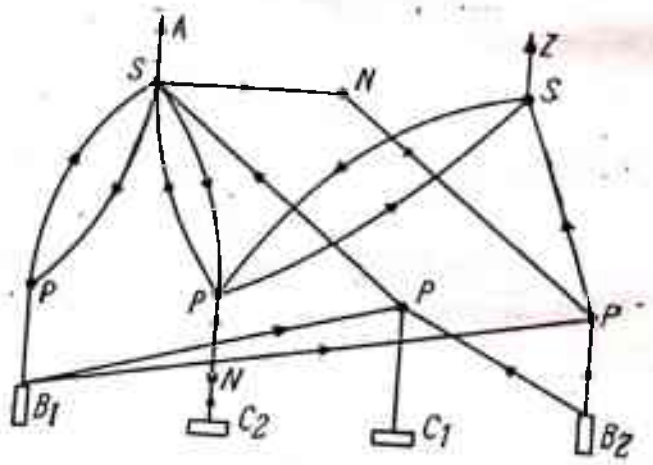


Fig. 11.20b. — Schema de comutaţie statică pentru exemplul 11.9.

Într-adevăr pentru A, avem

$$C_1 \bar{a} az \overline{C}_2 = 0$$

iar pentru Z

$$\bar{a} C_1 a B_1 = 0 \quad \text{şi} \quad \bar{a} az \overline{C}_2 = 0$$

Niciunul dintre contactele $\overline{C}_2$, a şi z nu pot fi folosite în comun de funcţiile logice A şi Z întrucît

— valoarea logică a circuitelor nou create este diferită de zero,

— noile circuite, determină apariţia unor noi numere de stare. dintre care cel puţin unul este interzis funcţiilor logice A sau Z.

11.2. SINTEZA SCHEMELOR DE COMUTAŢIE PENTRU ACŢIONĂRI ELECTRICE CU CINEMATICĂ PROGRAMATĂ

În cele ce urmează se vor trata o serie de exemple de acţionări electrice cu grupuri de maşini a căror funcţionare este interconditionată, acţionări electrice cu motoare funcţionînd după diagrame de lucru programabile sau acţionări electrice cu motoare a căror funcţionare este controlată prin dispozitive de control, cum ar fi limitatoarele de cursă. În toate cazurile ne referim numai la sistemele secvenţiale asincrone.

Exemplul 11.10. Să se facă sinteza schemei de comandă automată a unei acţionări electrice cu trei electromotoare blocate în cascadă (transportor cu bandă din trei secţiuni).

Comenzile de pornire-oprire sînt date printr-un singur buton de pornire P şi unul de oprire O, ambele cu revenire.

În cazul blocării în cascadă, conectarea motoarelor la reţeaua electrică de alimentare se realizează cu ajutorul a trei contactoare : A, B şi C. Ordinea de pornire este C, B, A, iar cea de oprire este inversă, adică A, B, C.

Acţionarea butonului de oprire O trebuie să aibă loc pe toată durata opririi electromotoarelor şi ea este prioritară în raport cu comanda dată prin butonul de pornire P.

Cu aceste precizări, sîntem în măsură să trasăm diagrama de faze din figura 11.21.

Folosind stările codificate pe această diagramă, se obţin următoarele rezultate

Scanned with OKEN Scanner

— pentru A :

$$A = D^{OPabc}_{1:(3,7);0:(0,1,10,20,21,23,27,30,31,33,37)},$$

$$\begin{matrix} & 4 & 1 & & 10 \\ 3 & / & 7 & / & 2\ \ 6 & / & 13\ 17\ 12\ 16, \end{matrix}$$

$$A = D^{OPabc}_{0\underline{00}1\underline{1}} = \overline{O}b;$$

— pentru B :

$$B = D^{OPabc}_{1:(1,3,7,27,37);0:(0,10,20,21,23,30,31,33),}$$

$$\begin{matrix} & 2 & 4 & & 10 \\ 1 & / & 3 & / & 5\ 7\ / & 11\ 13\ 15\ 17, \end{matrix}$$

$$D^{OPabc}_{0\underline{000}1} = \overline{O}c,$$

$$\begin{matrix} & & 10 & 1 & & 2 \\ 20 & \frac{27}{7} & / & 37 & / & 26\ 36 & / & 25\ 35\ 24\ 34, \end{matrix}$$

$$D^{OPabc}_{\underline{1}0\underline{11}\underline{1}} = a,$$

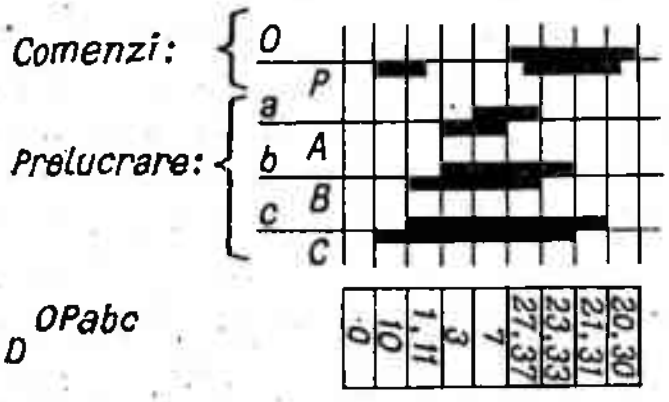


Fig. 11.21. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.10.

rezultă

$$B = \overline{O}c \cup a;$$

— pentru C

$$C = D^{OPabc}_{1:(1,3,7,10,23,27,33,37);0:(0,20,21,30,31)},$$

$$\begin{matrix} 2 & 4 & & 10 \\ 1 & 3 & 5 & 7 \end{matrix} \Big/ \begin{matrix} 11 & 13 & 15 & 17 \end{matrix},$$

$$D^{OPabc}_{0\underline{00}01} = \overline{O}c,$$

$$\begin{matrix} 1 & 2 & & 4 \\ 10 & 11 & 12 & 13 \end{matrix} \Big/ \begin{matrix} 14 & 15 & 16 & 17 \end{matrix},$$

$$D^{OPabc}_{01\underline{000}} = \overline{O}P,$$

$$20 \begin{matrix} 10 & 4 & & 1 \\ \underline{23} & & & \\ 3 & & & \end{matrix} \Big/ \begin{matrix} 33 & 27 & 37 & 22 & 32 & 26 & 36 \end{matrix},$$

$$D^{OPabc}_{\underline{10}0\underline{11}} = b;$$

rezultă deci

$$C = \overline{O}(P \cup c) \cup b.$$

Schemele cu și fără contacte care corespund formulelor logice deduse sînt date în figura 11.22.

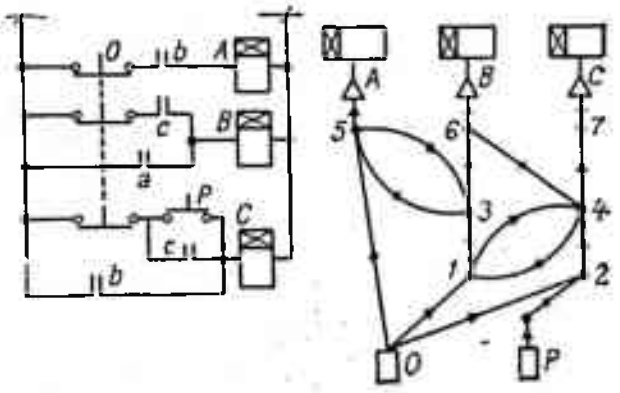


Fig. 11.22. — Blocarea în cascadă a trei electromotoare (transportor cu bandă).

Această problemă mai este rezolvată (sinteza numai a schemei cu contacte) în lucrările [4, p. 235] și [5].

Exemplul 11.11. O instalație tehnologică este dotată cu trei electromotoare, acționate prin trei contactoare: Z_1, Z_2 și Z_3.

Electromotoarele se cuplează direct la rețeaua de alimentare și au un singur sens de rotație. Pentru pornirea și oprirea fiecărui electromotor este prevăzut cîte un întrerupător: I_1, I_2 și I_3.

Pornirea și oprirea electromotoarelor se face într-o anume ordine, aceeași pentru pornire și pentru oprire. Astfel, motorul 2 pornește după τ_1 s în urma motorului 1 și al treilea după τ_2 s în urma motorului 2.

Comanda de pornire-oprire, dată manual, se memorează și se execută atunci cînd sînt îndeplinite condițiile specificate mai sus.

Întrucît starea de funcționare a motorului 1 o condiționează pe cea a motorului 2 în același fel în care starea motorului 2 o condiționează pe cea a motorului 3, se poate face sinteza numai pentru schema de comutație a primelor două motoare. Prin permutare se vor putea apoi deduce funcțiile logice pentru cel de-al treilea motor.

Considerăm drept variabile primare variabilele asociate celor trei întrerupătoare de comandă manuală. Variabilele asociate contactelor temporizate controlate de contactoarele Z_1 și Z_2 le notăm prin zt_1 și zt_2. Variabilele secundare și cele de ieșire le asociem contactoarelor care cuplează la rețeaua de alimentare cele trei electromotoare.

Rezultă următorul simbol de marcare:

$$F(Z_1, Z_2) = D^{I_1 I_2 z t_1 z_1 z t_2 z_2}$$

și diagrama de faze din figura 11.23.

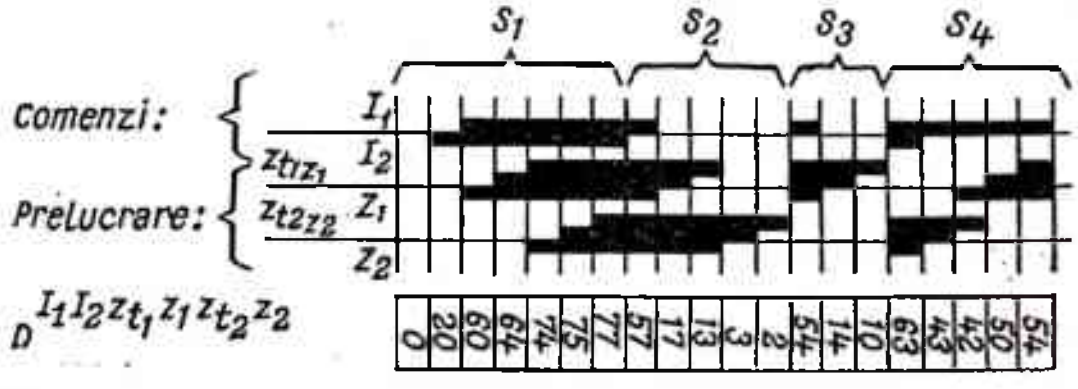


Fig. 11.23. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.11.

Secvența S_1 se referă la starea $Z_1 = Z_2 = 0$, cînd se dă comanda $I_2 = 1$ și apoi $I_1 = 1$.

Secvenţa S_2 se referă la starea $Z_1=Z_2=1$, cînd se dă comanda $I_2=0$, apoi $I_1=0$; secvenţa S_3 se referă la starea $Z_1=1$, $Z_2=0$, cînd se dă comanda $I_1=0$ iar secvenţa S_4 se referă la starea $Z_1=0$, $Z_2=I_1=I_2=1$, cînd se dă comanda $I_2=0$.

Rezultă următoarele funcţii logice:

— pentru Z_1:

$$Z_1 = D^{I_1 I_2 z_{t_1} z_1 z_{t_2} z_2}_{1:(42,50,54,57,60,64,74,75,77),\ 0:(0,2,3,10,13,14,17,20,43,63),}$$

$$20\ \frac{\overset{2}{42}}{62} / 40 / \overset{4}{46}\ 44 / \overset{10}{52}\ 50\ 56\ 54,$$

$$D^{I_1 I_2 z_{t_1} z_1 z_{t_2} z_2}_{1\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ 1} = I_1 \bar{z}_2,$$

$$10\ \frac{\overset{20}{57}}{47} / \overset{2}{77} / \overset{1}{55}\ 75 / 56\ 76\ 54\ 74,$$

$$D^{I_1 I_2 z_{t_1} z_1 z_{t_2} z_2}_{1\ \underline{0}\ 1\ 1\ 1\ 1} = I_1 z_1;$$

rezultă deci

$$Z_1 = I_1(z_1 \cup \bar{z}_2);$$

— pentru Z_2

$$Z_2 = D^{I_1 I_2 z_{t_1} z_1 z_{t_2} z_2}_{1:(13,17,57,63,74,75,77),\ 0:(0,2,3,10,14,20,42,43,50,54,60,64),}$$

$$20\ \frac{\overset{4}{13}}{33} / \overset{40}{17} / \overset{2}{53}\ 57 / 11\ 15\ 52\ 55,$$

$$D^{I_1 I_2 z_{t_1} z_1 z_{t_2} z_2}_{\underline{0}\ \underline{0}\ 1\ \underline{0}\ 1\ 1} = z_{t_1} z_2,$$

$$40\ \frac{\overset{2}{63}}{23} / \overset{10}{65} / \overset{4}{73}\ 75 / 67\ 61\ 77\ 71,$$

$$D^{I_1 I_2 z_{t_1} z_1 z_{t_2} z_2}_{1\ 1\ \underline{0}\ \underline{0}\ 1\ 1} = I_2 z_2,$$

$$40\ \frac{74}{34}\ \overset{2}{/}\ 76\ \overset{1}{/}\ 75\ 77\ \overset{4}{/}\ 70\ 72\ 71\ 73,$$

$$D^{I_1 I_2 z_{t_1} z_1 z_{t_2} z_2}_{1\,1\,1\,1\,0\,0} = I_2 z_{t_1};$$

rezultă deci

$$Z_2 = I_2(z_2 \cup z_{t_1}) \cup z_{t_1} z_2.$$

Prin permutare se obţine

$$Z_3 = I_3(z_3 \cup z_{t_2}) \cup z_{t_2} z_3.$$

Pe baza rezultatelor obţinute s-a structurat schema de comutaţie dinamică din figura 11.24.

Aplicarea metodei matriceale pentru sinteza acestei scheme se poate găsi în [23, p. 37—38].

Efectuînd sinteza prin grupe de O, se ajunge la

$$Z_1 = \overline{\bar{I}_1 \cup z_2 \bar{z}_{t_1}},$$

$$Z_2 = \overline{\bar{I}_2 \bar{z}_2 \cup \bar{I}_2 \bar{z}_{t_1} \cup \bar{z}_{t_1} \bar{z}_2},$$

$$Z_3 = \overline{\bar{I}_3 \bar{z}_3 \cup \bar{I}_3 \bar{z}_{t_2} \cup \bar{z}_{t_2} \bar{z}_3}.$$

Această soluţie este complementul celei obţinute prin sinteza prin grupe de 1, dar ea e mai convenabilă pentru structurarea schemei modulare UNILOG. Schema este dată în figura 25 şi corespunde ecuaţiilor

$$Z_1 = \bar{I}_1 \top (\bar{z}_2 \top z_{t_1}),$$

$$Z_2 = (I_2 \top z_2) \top (I_2 \top z_{t_1}) \top (z_{t_1} \top z_2).$$

$$Z_3 = (I_3 \top z_3) \top (I_3 \top z_{t_2}) \top (z_{t_2} \top z_3).$$

Exemplul 11.12. Să se facă sinteza schemei de comandă automată a dispozitivului de avans longitudinal folosit la un strung revolver.

La acționarea butonului de comandă P, cuplajul electromagnetic comandat devine acționat, această stare fiind memorată după dezacționarea acestui buton.

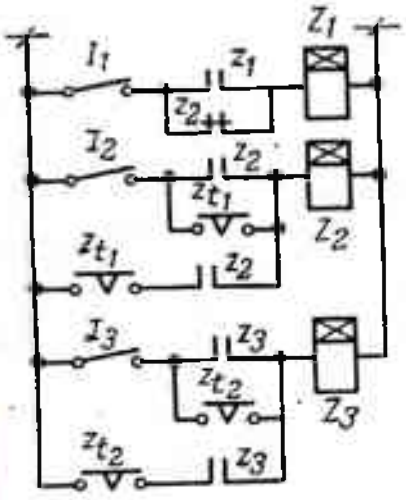


Fig. 11.24. — Schema cu contacte pentru comanda automată a unei instalații tehnologice cu trei electromotoare blocate în cascadă.

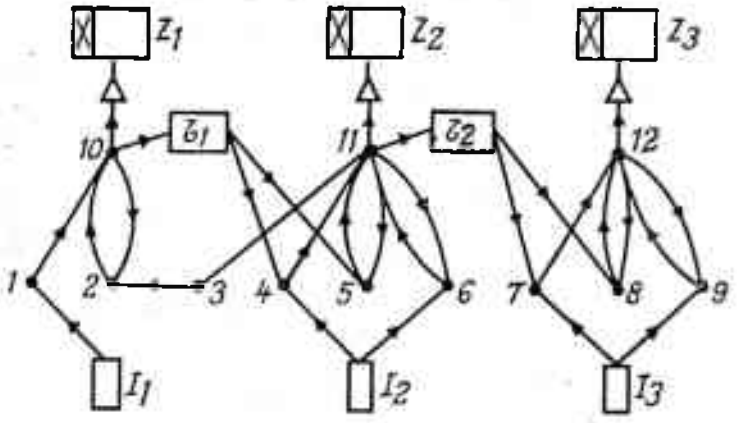


Fig. 11.25. — Schema modulară UNILOG pentru comanda automată a unui grup de trei electromotoare.

La o nouă acționare a butonului P, cuplajul electromagnetic comandat devine neacționat, această stare fiind memorată după dezacționarea acestui buton.

Cele patru stări stabile ale schemei care rezultă din enunțul problemei de sinteză pot fi realizate cu ajutorul contactorului cuplei electromagnetice L și a unui contactor auxiliar A. Cu variabilele secundare asociate contactelor acestor contactoare se pot forma $2^2=4$ combinații, care pot fi folosie pentru realizarea stărilor stabile ale schemei.

Specificațiile date prin enunț și precizările făcute mai sus ne conduc la stabilirea diagramei de faze din figura 11.26. Numerele de stare care rezultă din codificarea diagramei de faze ne conduc la stabilirea următoarei soluții a problemei :

— pentru A :

$$A = D^{Pal}_{(1,3,6,7)} \qquad \overset{2}{1/3} \to D^{Pal}_{00\underline{1}} = \overline{P}l,$$

$$\overset{1}{6/7} \to D^{Pal}_{11\underline{0}} = Pa,$$

$$A = Pa \cup \overline{P}l;$$

— pentru L :

$$L = D^{Pal}_{(1,3,4,5)} \qquad \overset{2}{1/3} \to D^{Pal}_{00\underline{1}} = \overline{P}l,$$

$$\overset{1}{4/5} \to D^{Pal}_{10\underline{0}} = P\overline{a},$$

$$L = P\overline{a} \cup \overline{P}l.$$

Sinteza acestei scheme cu contacte prin metoda folosirii directe a formulei de interpolare a lui Lagrange face obiectul lucrării [6, p. 64—66].

Schema citată, la fel ca schema cu contacte dată în figura 11.27*a*, numai cu linii pline, prezintă hazard de continuitate.

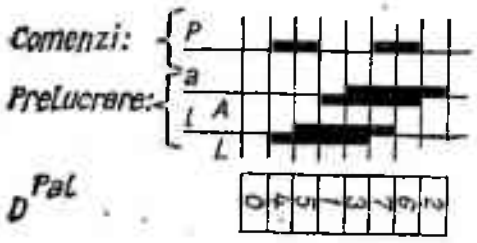


Fig. 11.26. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.12.

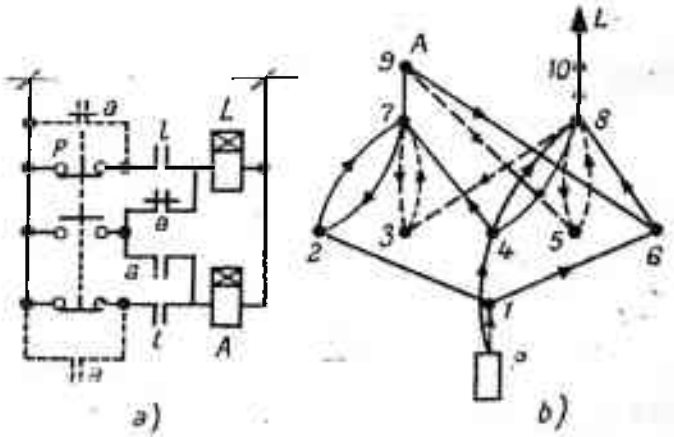


Fig. 11.27. — Comanda automată a avansului longitudinal pentru un strung revolver.

Astfel, în situaţia cînd toate contactele P sînt desfăcute pe durata foarte scurtă a comutării lor, circuitele de comandă se

întrerup, astfel încît există posibilitatea să nu fie satisfăcute specificaţiile date prin enunţ.

Eliminarea acestui hazard se poate face fie reglînd adecvat timpii de anclanşare şi declanşare ai contactoarelor, fie adăugînd termeni redundanţi în expresiile logice care descriu circuitele acestor contactoare.

Prezenţa hazardului de continuitate este evidenţiată de grupele de adiacenţă formate. Astfel, dacă aceste grupe nu au nici un număr de stare comun, aşa cum este cazul nostru, schema prezintă hazard de continuitate. Pentru eliminarea acestui hazard se impune adăugarea unei grupe de numere de stare adiacente redundante, grupă care să conţină cel puţin cîte un număr de stare comun grupelor de adiacenţă care determină implicanţii primi ai expresiilor logice.

În exemplul nostru, grupele redundante, necesare pentru eliminarea hazardului de continuitate, sînt:

— pentru A: $\overset{4}{3\ /\ 7} \rightarrow D^{Pal}_{011} = al,$

— pentru L: $\overset{4}{1\ /\ 5} \rightarrow D^{Pal}_{001} = \bar{a}l.$

Expresiile logice care corespund schemei completate cu linii punctate în figura 9.26, schemă care nu prezintă hazard de continuitate, vor fi

$$A = Pa \cup \bar{P}l \cup (al),$$

$$L = P\bar{a} \cup \bar{P}l \cup (\bar{a}l).$$

Termenii redundanţi sînt scrişi între paranteze, iar în schemele din figura 11.27. sînt desenaţi cu linii întrerupte.

Schema modulară UNILOG s-a structurat folosind formulele

$$A = \overline{(\bar{P} \top \bar{a}) \top (P \top \bar{l}) \top (\bar{a} \top \bar{l})},$$

$$L = \overline{(\bar{P} \top a) \top (P \top \bar{l}) \top (a \top \bar{l})}.$$

Facem o primă observaţie că prin transformări se poate reduce numărul de contacte necesare îndeplinirii funcţiilor schemei, ajungîndu-se final la o schemă similară celei date în figura 9.2*c* care conţine numai cinci contacte.

Mai facem observaţia că funcţia butonului de comandă cu contacte multiple poate fi preluată de contactele unui contactor auxiliar, comandat printr-un contact unic al butonului *P*.

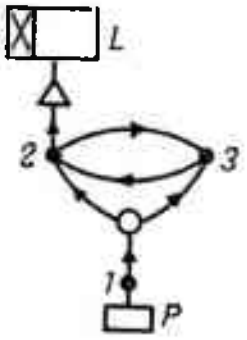


Fig. 11.28. — Schemă suplimentară pentru exemplul 11.12.

De asemenea funcţia logică îndeplinită de această schemă se poate realiza cu un singur circuit basculant bistabil cu intrare unică (prin condensatoare şi diode), ca în figura 11.28.

Exemplul 11.13. Să se facă sinteza unei scheme de comandă automată a acţionării unei mese oscilante pentru o freză sau un *scheping*.

Masa cu mişcare oscilantă este acţionată de un electromotor cuplat la reţeaua de alimentare prin contactoarele *D* şi *S*, cîte unul pentru fiecare sens de rotaţie.

Controlul mişcării oscilante este asigurat prin trei circuite basculante bistabile (memorii), comandate prin microîntrerupătoare. Unul dintre aceste circuite, căruia i se asociază variabila de ieşire *P*, controlează prin cele două intrări ale lui, *M* şi *O*, starea de mers şi cea de repaus a mesei oscilante.

Al doilea circuit basculant bistabil, căruia i se asociază variabila de ieşire *L*, controlează prin cele două intrări ale lui L_d şi L_s (limitatoare de cursă) sensul de rotaţie a mesei oscilante.

Al treilea circuit basculant bistabil, căruia i se asociază variabila de ieşire *R*, controlează prin cele două intrări ale sale, şi anume L_0 limitator de cursă pentru oprirea de lucru şi *A* buton pentru oprirea de avarie sau urgenţă, starea de repaus a mesei oscilante, adică repausul de lucru şi cel de avarie sau de urgenţă.

În figura 11.29 este dată amplasarea tuturor acestor contacte, precum şi a camei *C*, care le acţionează.

Specificaţiile schemei sînt :

1. Dacă masa oscilantă se găseşte în stare de repaus de lucru ($R = 1$), ceea ce se întîmplă atunci cînd cama *C* (fig. 11.29) apasă limitatorul *A*, apăsarea pe butonul de mers *M* (mers) care corespunde stării binare $P = 1$, determină punerea în mişcare a

mesei oscilante în sensul de rotație spre dreapta ($D = 1$). Mișcarea continuă pînă ce cama C atinge limitatorul L_s ($L = 1$) și apoi sensul de rotație se inversează. Mișcarea spre stînga continuă apoi pînă ce cama C atinge limitatorul L_d ($L = 0$), cînd are loc din nou inversarea sensului de rotație etc.

2. Oprirea de lucru a mesei oscilante se comandă prin apăsarea butonului O ($P = 0$). Prin aceasta masa oscilantă continuă să execute mișcarea oscilantă pînă în momentul cînd este atins de către cama C limitatorul L_s ($L = 0$), cînd mișcarea se continuă spre stînga, iar la atingerea lui A ($R = 1$) motorul de acționare este oprit.

3. Oprirea de urgență sau cea de avarie trebuie să aibă loc în momentul cînd se apasă butonul A ($R = 1$),indiferent de poziția în care se găsește masa oscilantă.

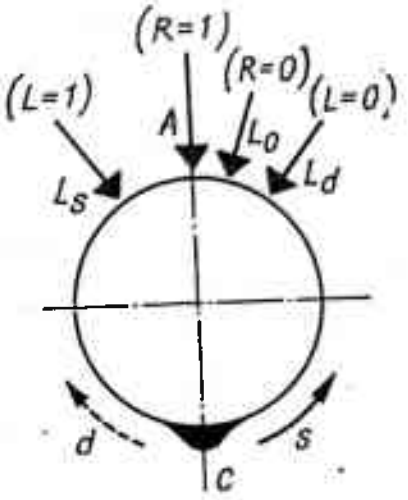


Fig. 11.29. — Masa oscilantă a unei freze.

Circuitul basculant bistabil pentru oprirea de avarie poate fi astfel dimensionat, încît la dispariția și apoi la reapariția tensiunii de alimentare el să capete starea : $R = 1$, ceea ce asigură și protecția de tensiune nulă a schemei.

4. Repunerea în funcțiune după o oprire de urgență sau de avarie se face prin apăsarea lui P și a butonului P_0 ($R = 0$), buton care șuntează contactele limitatorului L_0. În acest fel masa oscilantă intră din primul moment în mersul normal.

Sensul de rotație dorit după oprirea de urgență sau de avarie se poate comanda prin apăsarea butoanelor cu revenire ce dublează comanda limitatoarelor de sens L_d și L_s, adică a butoanelor P_d și P_s.

Dacă nu se face nici o comandă specială și oprirea de urgență a fost comandată prin butonul de avarie A, la punerea în funcțiune a frezei sensul de rotație va fi cel anterior opririi de urgență sau avarie.

Ținînd seama de specificațiile problemei de sinteză întocmim diagrama de faze din figura 11.30. Pentru a comenta stabilirea acestei diagrame ne vom referi la raportul de stare

$$\frac{PLR(ds)}{DS} = \frac{n}{DS}.$$

Succesiunea stărilor secvenței de mers normal a frezei, care satisface specificația 1), este

$$\frac{24}{10} \to \frac{26}{10} \to \frac{22}{10} \to \frac{32}{00} \to \frac{30}{01} \to \frac{31}{01} \to \frac{21}{00} \to \frac{20}{10} \to (22) \cdots$$

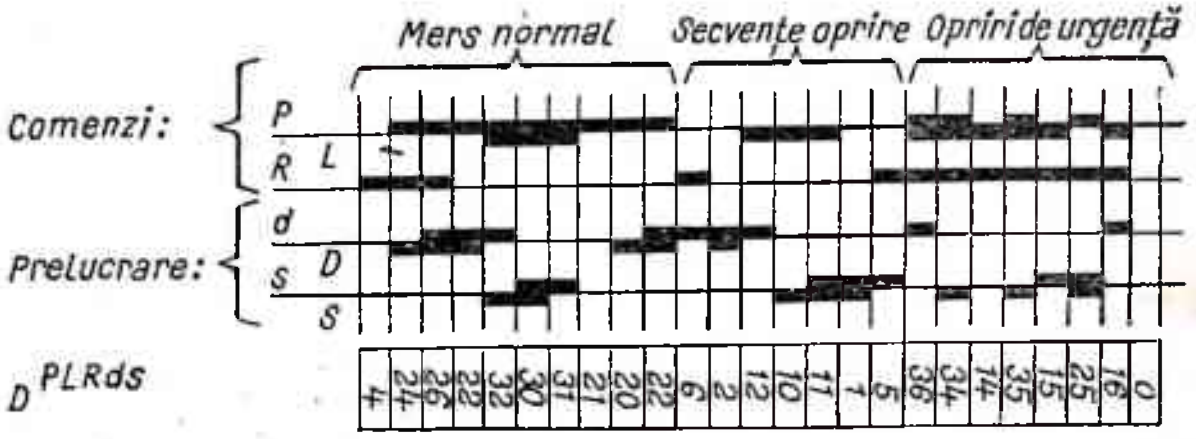


Fig. 11.30. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.13.

Apăsarea butonului O, potrivit specificației 2), conduce la desfășurarea următoarelor secvențe de oprire funcție de momentul cînd se dă această comandă:

$$(24) \to (4); \quad (26) \to \frac{6}{00} \to \frac{4}{00}; \quad (22) \to \frac{2}{10} \to \frac{12}{00} \to \frac{10}{01} \to \frac{11}{01} \to \frac{1}{01} \to$$

$$\to \frac{5}{00} \to (4); \quad (32) \to (12); \quad (30) \to (10); \quad (31) \to (11); \quad (21) \to (1);$$

$$(20) \to \frac{0}{00} \to (1);$$

Oprirea de urgență, potrivit specificației 3), are loc prin apăsarea lui A ($R = 1$) în oricare dintre stările de lucru ale schemei. O dată cu apăsarea lui A, printr-o legătură mecanică sau electrică (semnal aplicat la intrarea de ștergere a circuitului basculant P) este făcut și $P = 0$. Această legătură nu este și inversă, adică apăsarea lui O nu influențează circuitul basculant R.

Stările de blocare determinate de această acţionare sînt :

$$(24) \to (4);\ (26) \to (6);\ (22) \to (26) \to (6);$$

$$(32) \nearrow (22) \atop \searrow \underline{36} \nearrow (26) \atop \underline{00} \searrow \underline{34} \atop 01 \to \underline{14} \atop 00;$$

$$(30) \nearrow (10) \to (14) \atop \searrow (34)$$

$$(21) \nearrow (1) \atop \searrow \underline{25} \atop 01 \to (5);$$

$$(31) \nearrow (11) \to (1) \atop \searrow \underline{35} \atop 01 \to \underline{15} \atop 00 \to (14)$$

$$(6) \to (4);\quad (20) \nearrow (24) \to (4) \atop \searrow (0)$$

$$(5) \to (4);\ (12) \to \underline{16} \atop 00 \to (14);\ (10) \to (14).$$

Rezultă deci că în urma opririi de urgenţă schema se poate găsi în stările (4) sau (14).

Repunerea în funcţiune a frezei după oprirea de urgenţă conform specificaţiei 4), prin apăsarea butonului de pornire P, conduce la secvenţele

$$(4) \to (24);\quad (14) \to (34) \to (35) \to (25) \to (21).$$

Sensul de rotaţie dorit se alege basculînd în mod corespunzător circuitul L cu ajutorul butoanelor P_d şi P_s, care dublează comenzile limitatoarelor L_d şi L_s. Astfel, dacă $L = 0$, starea dinaintea apăsării lui P este (4) şi conduce prin intermediul stării (24) la rotaţia spre dreapta, iar dacă $L = 1$, starea iniţială este (14) şi prin apăsarea lui P devine (34), ceea ce determină rotirea mesei oscilante spre stînga.

Dacă butonul de dublare a comenzii lui L_0, adică P_0, nu a fost acţionat, atunci, în cazul cînd comanda de pornire se dă din starea (14), are loc o mişcare spre stînga a mesei oscilante pînă ce cama C atinge limitatorul L_0 şi abia apoi freza intră în mersul normal.

Scanned with OKEN Scanner

În diagrama de faze din figura 11.30, s-a redat secvența de mers normal a frezei și numai stările secvențelor de oprire care diferă de stările secvenței normale. S-a urmărit ca această diagramă să evidențieze toate stările posibile ale schemei cel puțin o dată.

Codificarea diagramei de faze ne conduce la următoarele simboluri de marcare:

$$F(D) = D^{PLRds}_{1:(2,\,20,\,22,\,24,\,26),\ 0:(0,\,1,\,4,\,5,\,6,\,10,\,11,\,12,\,14,\,15,\,16,\,21,\,25,\,30,\,31,\,32,\,34,\,35,\,36),}$$

$$F(S) = D^{PLRds}_{1:(1,\,10,\,11,\,25,\,30,\,31,\,34,\,35)\ 0:(0,2,\,4,5,\,6,\,12,\,14,\,15,\,16,\,20,\,21,\,22,\,24,\,26,32,\,36).}$$

Expresia booleeană minimală pentru $F(D)$ rezultă din

$$\begin{array}{l} \overset{20\quad 1}{2\ /\ 22\ /\ 3\,23} \end{array} \qquad D^{PLRds}_{\underline{0}\,0\,0\,1\,\underline{0}} = \overline{L}\,\overline{R}d,$$

$$\begin{array}{l} \overset{4\quad 2}{20\ /\ 24\ /\ 22\ 26,} \end{array} \qquad D^{PLRds}_{1\,0\,\underline{0}\,\underline{0}\,0} = P\overline{L}\,\overline{s},$$

rezultă deci

$$F(D) = \overline{L}(P\overline{s} \cup \overline{R}d) = \overline{l}\,(p\overline{s} \cup \overline{r}d).$$

Similar, pentru $F(S)$ obținem

$$\begin{array}{l} \overset{10\quad 2}{1\ /\ 11\ /\ 3\,13} \end{array} \qquad D^{PLRds}_{0\,\underline{0}\,0\,\underline{0}1} = \overline{P}\,\overline{R}s,$$

$$\begin{array}{l} \overset{20\quad 1}{10\ /\ 30\ /\ 11\,31} \end{array} \qquad D^{PLRds}_{\underline{0}\,1\,0\,0\underline{0}} = L\overline{R}\overline{d},$$

$$\begin{array}{l} \overset{10\quad 2}{25\ /\ 35\ /\ 27\,37} \end{array} \qquad D^{PLRds}_{1\,\underline{0}\,1\,\underline{0}1} = PRs,$$

$$\begin{array}{l} \overset{1\quad 4}{34\ /\ 35\ /\ 30\,31} \end{array} \qquad D^{PLRds}_{1\,1\,\underline{1}\,0\underline{0}} = P\underline{L}\overline{d};$$

rezultă deci

$$F(S) = P(Rs \cup L\bar{d}) \cup \bar{R}(L\bar{d} \cup \bar{P}s) = p(rs \cup l\bar{d}) \cup (l\bar{d} \cup \bar{p}s)\bar{r}.$$

Avînd în vedere că variabilele P, L şi R reprezintă ieşirile celor trei memorii folosite şi în acelaşi timp ele reprezintă şi variabile primare pentru circuitele contactorului D şi S, expresiile logice pentru $F(D)$ şi $F(S)$ au fost transcrise folosind literele mici p, l şi r, ele reprezentînd variabilele de intrare (primare) pentru aceste circuite.

Structurarea schemelor cu şi fără contacte după expresiile logice minimale obţinute nu prezintă nici o particularitate. Ele sînt date în figurile 11.31 şi 11.32.

Pentru comparaţie, se poate consulta rezolvarea acestei probleme prin metoda matriceală obişnuită, dată în [25, p. 151—159]

Exemplul 11.14. Să se facă sinteza schemei de comandă automată a (acţionării electrice a mecanismului porteuţit a unei raboteze.

Acţionarea foloseşte un electromotor pentru deplasarea traversei porteuţit şi unul pentru blocarea acesteia.

Comanda reversibilă a acestor electromotoare este asigurată prin patru contactoare: R, C, D şi B, respectiv pentru ridicarea, coborîrea, deblocarea şi blocarea traversei porteuţit a rabotezei.

Controlul comenzilor este asigurat prin butoanele cu revenire P_r şi P_c pentru comenzile de pornire-oprire a electromotorului de deplasare a traversei şi printr-un circuit cu memorie, comandat la intrare de două limitatoare pentru blocarea traversei în poziţiile limită.

Traversa porteuţit este iniţial blocată într-o anumită poziţie ($L = 0$). Pentru deplasarea ei într-un sens sau altul trebuie să se realizeze mai întîi deblocarea ($L = 1$) şi apoi deplasarea în sensul comandat. Ajunsă în poziţia dorită, traversa porteuţit trebuie blocată din nou.

Stările secvenţelor de ridicare, respectiv de coborîre a traversei porteuţit, sînt date de diagrama de faze din figura 11.33. Adiacenţa stărilor acestor secvenţe asigură continuitatea trecerilor impuse de lucrul schemei.

Cunoscînd stările obligate ale circuitului de comutaţie din diagrama de faze codificată, stabilim următoarele simboluri de mar-

Scanned with OKEN Scanner

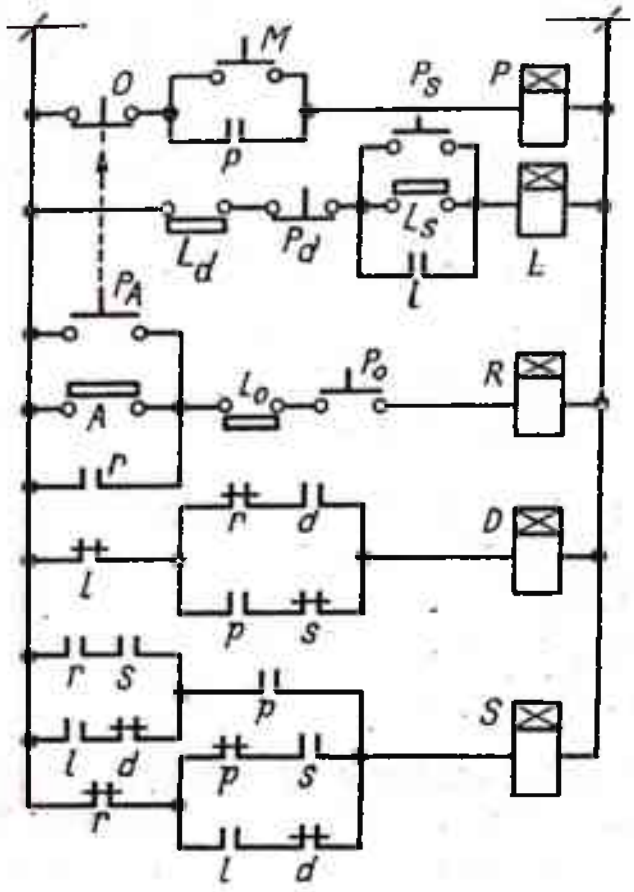


Fig. 11.31. — Schema cu contacte pentru comanda automată a acționării electrice a unei freze.

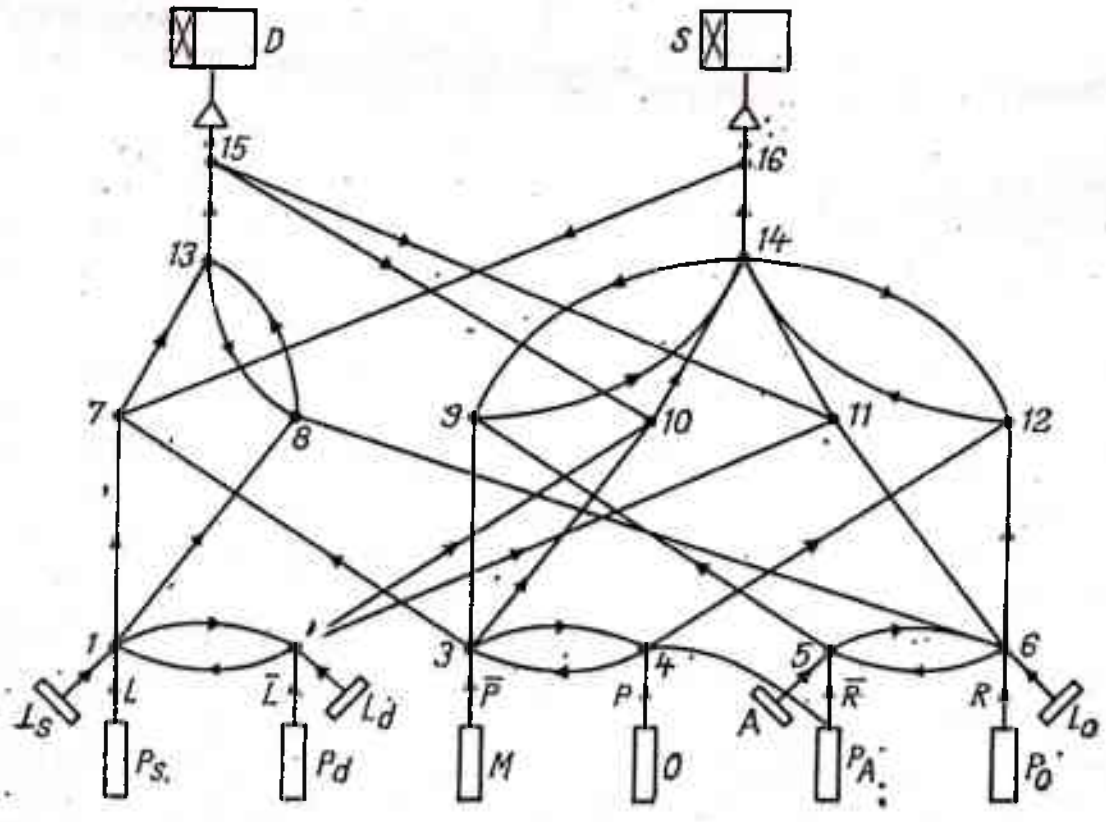


Fig. 11.32. — Schema fără contacte pentru comanda automată a unei acționări electrice oscilante.

Scanned with OKEN Scanner

care pentru funcțiile logice ale circuitelor celor patru contactoare:

$$R = D_{1:(60,70);\,0:(0,1,20,21,24,30,40,42,62,100,102,120,122,124),}^{P_c P_r Lrcdb}$$

$$C = D_{1:(120,124);\,0:(0,1,20,21,24,30,40,42,60,62,70,100,102,122),}^{P_c P_r Lrcdb}$$

$$D = D_{1:(40,42,100,102);\,0:(0,1,20,21,24,30,60,62,70,120,122,124),}^{P_c P_r Lrcdb}$$

$$B = D_{1:(20,21);\,0:(0,1,24,30,40,42,60,62,70,100,102,120,122,124).}^{P_c P_r Lrcdb}$$

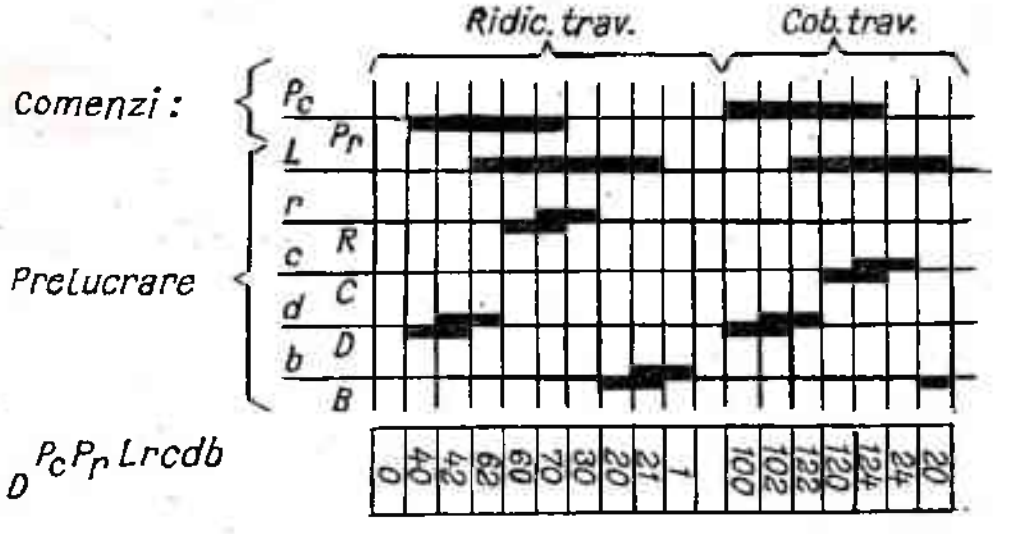


Fig. 11.33. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.14.

Expresiile logice minimale se deduc astfel:

— pentru R:

$$\begin{array}{l} \overset{10}{\underline{60}} \;/\; \overset{1}{70} \;/\; 61\;71 \\ 4\;\underline{64} \\ 100\;\underline{160} \\ \quad \ldots \end{array} \qquad R = D_{\underline{0}\;1\;\underline{10000}}^{P_c P_r Lrcdb} = P_r L\bar{d} = P_r\bar{d};$$

— pentru C :

$$\begin{array}{r} \\ 10\ \underline{120} \\ 40\ \underline{130} \\ \underline{160} \\ \cdots \end{array} \quad \begin{array}{c} 4 \quad 1 \\ / \ 124 \ / \ 121\ 125 \end{array} \qquad C = D_{1\ 0\ 1000}^{P_c P_r Lrcdb} = P_c L\bar{d} = P_c l\bar{d};$$

— pentru D :

$$\begin{array}{r} \\ 4\ \underline{40} \\ 10\ \underline{44} \\ \underline{50} \\ 100\ \underline{54} \\ \underline{140} \\ \cdots \end{array} \quad \begin{array}{c} 2 \quad 1 \\ / \ 42 \ / \ 41\ 43 \end{array} \qquad D_{0\ 1\ 00000}^{P_c P_r Lrcdb} = P_r\bar{L},$$

$$\begin{array}{r} \\ 4\ \underline{100} \\ 10\ \underline{104} \\ \underline{110} \\ 40\ \underline{114} \\ \underline{140} \\ \cdots \end{array} \quad \begin{array}{c} 2 \quad 1 \\ / \ 102 \ / \ 101\ 103 \end{array} \qquad D_{1\ 0\ 00000}^{P_c P_r Lrcdb} = P_c\bar{L};$$

rezultă deci

$$D = \bar{l}(P_r \cup P_c);$$

— pentru B :

$$\begin{array}{r} \\ 20 \end{array} \quad \begin{array}{c} 1 \quad 2 \\ / \ 21 \ / \ 22\ 23 \end{array} \qquad B = D_{0\ 0\ 10000}^{P_c P_r Lrcdb} = \bar{P}_c\bar{P}_r l\bar{c}.$$

Schemele cu şi fără contacte care realizează funcţiile logice cerute sînt date în figurile 11.34 şi 11.35.

Observăm necesitatea de a folosi butoane de comandă cu contacte multiple. Dacă aceasta nu e posibil, atunci se pot folosi butoane simple cu revenire, care să comande contactoare speciale ale căror contacte pot astfel îndeplini funcţiunile contactelor multiple ale butoanelor.

Scanned with OKEN Scanner

O altă soluţie a acestei probleme, obţinută pentru schema cu contacte prin folosirea formulei de interpolare a lui Lagrange, este dată în lucrarea [13, p. 237—240].

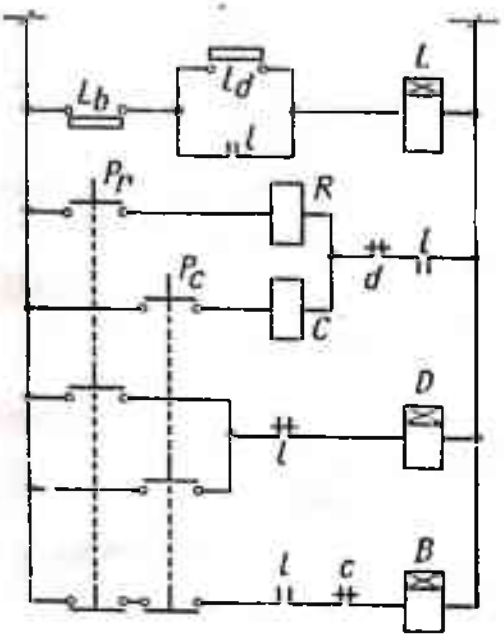


Fig. 11.34. — Schema cu contacte pentru comanda automată a mecanismului de acţionare a traversei port-cuţit a unei raboteze.

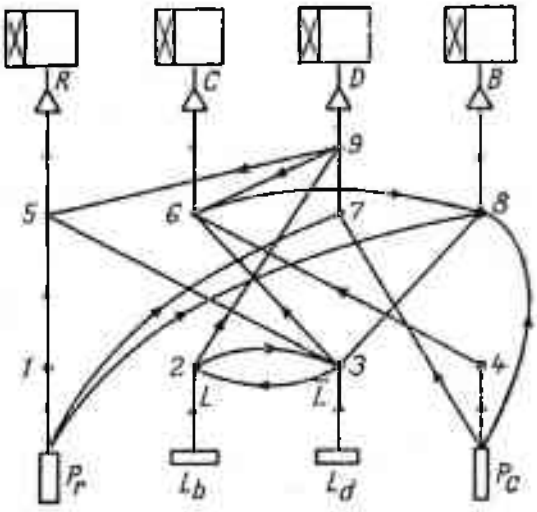


Fig. 11.35. — Schema fără contacte pentru comanda automată a mecanismului de acţionare a traversei port-cuţit a unei raboteze.

Exemplul 11.15. Să se facă sinteza schemei de comandă automată a acţionării unui cărucior de strung a cărui cinematică este descrisă de un ciclu pătrat, dat în figura 11.36.

Acţionarea se face cu două electromotoare, al căror sens de rotaţie este determinat de stările a patru contactoare : X_s, X_d, Y_s şi Y_d.

După darea comenzii de pornire, prin apăsarea pe butonul cu revenire P căruciorul descrie un ciclu şi se opreşte. Descrierea ciclului este controlată prin patru limitatoare de cursă care determină stările a două circuite de memorie.

Oprire de urgenţă sau de avarie este comandată printr-un alt buton cu revenire, O.

Asociind celor două circuite de memorie variabilele L pentru avansul longitudinal şi T pentru avansul transversal, se poate trece la stabilirea diagramei de faze din figura 11.37.

De funcţia butonului O se va ţine seama numai în formulele finale obţinute prin sinteză. Diagrama de faze este foarte simplă şi nu necesită comentarii suplimentare. Codificarea ei ne conduce la stabilirea următorului simbol de marcare:

$$F(\bar{X}_s, X_d, Y_s, Y_d) = D^{Pltx_sx_dy_sy_d}_{(10,100,110),(60,64),(20,22),(40,41)}.$$

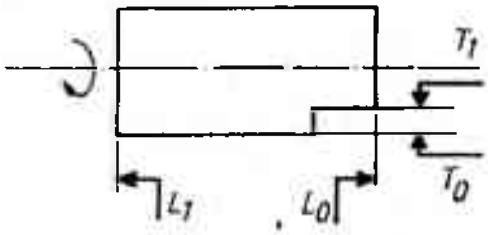


Fig. 11.36. — Ciclu pătrat la un cărucior de strung.

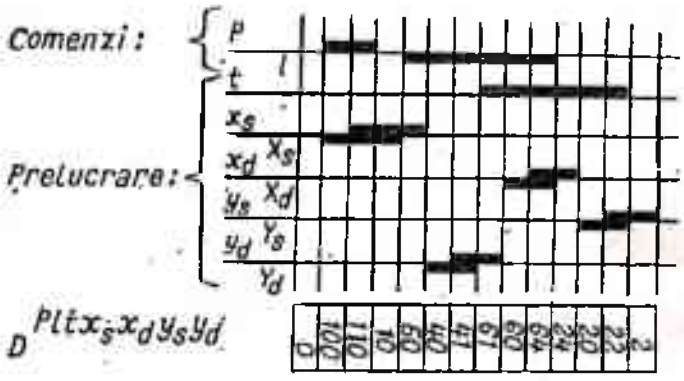


Fig. 11.37. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.15.

Valorile binare 0 pentru cele patru funcţii logice sînt cele cuprinse în şirul

$$0, 2, 10, 20, 22, 24, 40, 41, 50, 60, 61, 64, 100, 110,$$

cu excepţia numerelor de stare date pentru fiecare funcţie logică de către simbolul de marcare.

Se deduc următoarele expresii booleene minimale:

— pentru X_s:

```
      100    1        2
  10 / 110 / 11 111 / 12 112 13 113,
4 14
20 30
..
```

$$D^{Pltx_sx_dy_sy_d}_{0001\,0\,0\,0} = \bar{l}x_s,$$

```
      1      2          4
  100 / 101 / 102 103 / 104 105 106 107,
10 110
20 120
40 130
   140
...
```

$$D^{Pltx_sx_dy_sy_d}_{1000\,0\,0\,0} = P(\bar{l});$$

rezultă :

$$X_s = (P \cup \bar{l}x)\,\overline{O} = \overline{O}\bar{l}(P \cup x_s).$$

Variabila $\bar{l}$ este redundantă și poate fi adăugată, întrucît diferența de adiacență 40 nu este obligatoriu să fie folosită pentru cuprinderea numerelor de stare conținute de simbolul de marcare X_s. Prin folosirea ei se evidențiază mai bine memoria folosită pentru realizarea funcției logice X_s;

— pentru X_d :

$$100\ \underset{\underline{160}}{\overset{4}{\underline{60}}}\ /\ 64\ /\ \overset{2}{62}\ \overset{10}{66}\ /\ 70\ 74\ 72\ 76,$$

$$X_d = D^{Pltx_sx_dy_sy_d}_{\underline{0}110\,\underline{0}\,\underline{0}\,0} = l\bar{t}\bar{y}_d \cdot \overline{O};$$

— pentru Y_s :

$$100\ \underset{\underline{120}}{\overset{2}{\underline{20}}}\ /\ 22\ /\ \overset{1}{21}\ \overset{10}{23}\ /\ 30\ 32\ 31\ 33,$$

$$Y_s = D^{Pltx_sx_dy_sy_d}_{\underline{0}010\,0\,\underline{0}\,\underline{0}} = \bar{l}t\bar{x}_d\overline{O};$$

— pentru Y_d :

$$100\ \underset{\underline{140}}{\overset{1}{\underline{40}}}\ /\ 41\ /\ \overset{2}{42}\ \overset{4}{43}\ /\ 44\ 45\ 46\ 47,$$

$$Y_d = D^{Pltx_sx_dy_sy_d}_{\underline{0}100\,\underline{0}\,\underline{0}\,\underline{0}} = \bar{l}t\bar{x}_s\overline{O}.$$

Schemele cu și fără contacte care corespund acestor formule logice sînt date în figurile 11.38 și 11.39.

Exemplul 11.16. Să se facă sinteza schemei de comandă automată a acționării unui excavator după un ciclu cinematic cubic,

format din : 1) închiderea cupei excavatorului, 2) ridicarea cupei, 3) rotaţia spre stînga a braţului excavatorului, 4) coborîrea cupei, 5) deschiderea cupei, 6) ridicarea cupei, 7) rotaţia spre dreapta a braţului excavatorului, 8) coborîrea cupei etc.

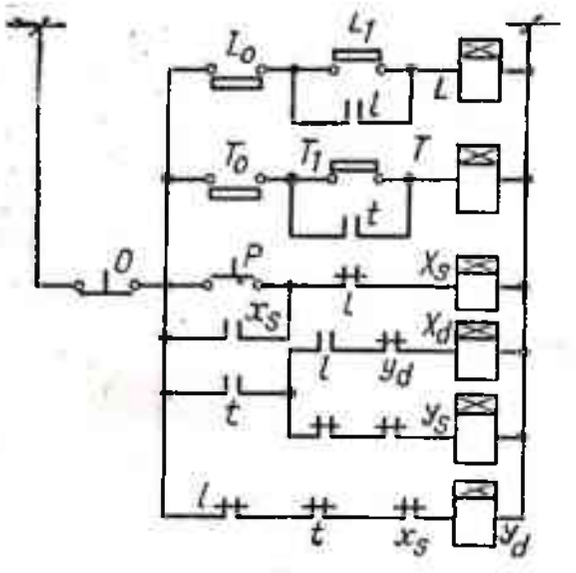


Fig. 11.38. — Schema cu contacte pentru comanda automată a unui ciclu de funcţionare la un strung automat.

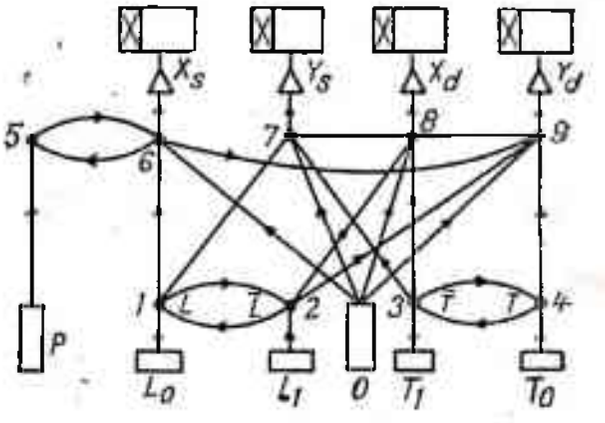


Fig. 11.39. — Schema fără contacte pentru comanda automată a unui ciclu de funcţionare la un strung automat.

Cele trei mişcări, şi anume închiderea şi deschiderea cupei, ridicarea şi coborîrea cupei şi rotaţia braţului excavatorului în plan orizontal, sînt executate cu ajutorul a trei electromotoare cu comandă reversibilă, iar poziţiile-limită sînt controlate prin limitatoare de cursă cu memorie.

Schema de comutaţie care poate îndeplini funcţiile logice cerute va avea şase variabile de ieşire, care corespund la cele şase contactoare de cuplare la reţeaua de alimentare a electromotoarelor.

Vom folosi notaţia X, Y şi Z pentru cele trei direcţii de mişcare şi vom asocia indicii r (ridicare), c (coborîre), d (dreapta), s (stînga), i (închidere) şi e (deschidere) pentru operaţiile care au loc în ciclul de lucru al excavatorului. Pentru limitatoarele de cursă vom folosi notaţia L, afectată de aceiaşi indici.

Avînd făcute aceste precizări, putem trasa diagrama de faze din figura 11.40. În această diagramă se arată secvenţele de lucru care corespund specificaţiilor date prin enunţul problemei de sinteză.

Numerele de stare rezultate prin codificarea acestei diagrame ne permit să scriem următorul simbol de marcare pentru schema de comutaţie care realizează funcţiunile cerute prin enunţ :

$$F(X_i, X_e, Y_a, Y_s, Z_r, Z_c) = D^{Pl_x l_y l_z x_i x_e y_d y_s z_r z_c}$$

X_i : (40, 1.000, 1.040),
X_e : (600, 620),
Y_a : (300, 310),
Y_s : (500, 504),
Z_r : (200, 202, 400, 402),
Z_c : (100, 101, 700, 701).

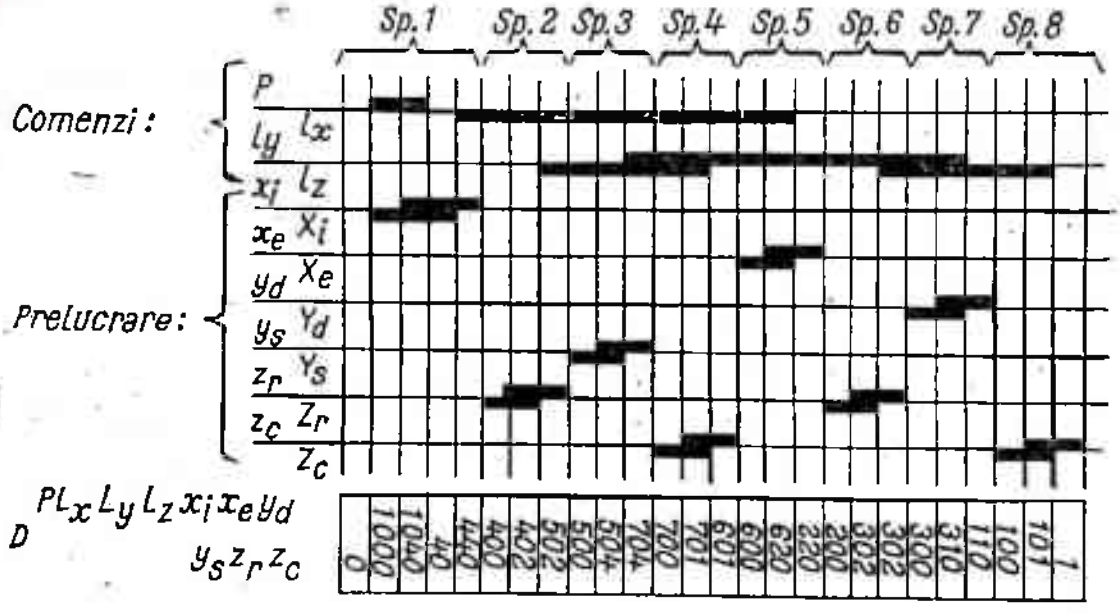


Fig. 11.40. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.16.

Stările 0 pentru fiecare variabilă de ieşire se obţin extrăgînd stările 1, date de simbolul de marcare pentru variabila respectivă, din şirul

0, 1, 40, 100, 101, 110, 200, 202, 220, 300, 302, 310, 400, 402,
440, 500, 502, 504, 600, 601, 620, 700, 701, 704, 1.000, 1.040.

Folosind informaţiile de mai sus, deducem următoarele expresii booleene minimale pentru funcţiile logice ale variabilelor de ieşire :

— pentru X_i :

$$\begin{array}{l} \overset{1.000}{} \quad \overset{1}{} \quad \overset{2}{} \\ 4\,\underline{40} \;/\; 1.040 \;/\; 41\; 1.041 \;/\; 42 \;\; 1.042 \;\; 43 \;\; 1.043, \\ 10\,\underline{44} \quad 100\,\overline{140} \\ \quad\; \underline{50} \\ 20\,\underline{54} \quad\quad \ldots \\ \quad\; \underline{60} \quad 200\,\overline{240} \qquad\qquad D_{\underline{00}\;\underline{0}\;\underline{0}\;1\;\underline{0}\;\underline{0}\;\underline{0}\;\underline{0}\;\underline{0}}^{Pl_x\, l_y\, l_z\, x_i\, x_e\, \bar{y}_d\, y_s\, z_r\, z_e} = \bar{l}_z\, x_i, \\ \quad\; .. \quad\quad \ldots \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \overset{1}{} \quad \overset{2}{} \quad\quad \overset{4}{} \\ 10\,\underline{1.000} \;/\; 1.001 \;/\; 1.002 \;\; 1.003 \;/\; 1.004 \;\; 1.005 \;\; 1.006 \;\; 1.007 \\ 20\,\underline{1.010} \quad 100\,\overline{1.100} \\ \quad\; \underline{1.020} \quad\quad \ldots\ldots \\ 40\,\underline{1.030} \\ \quad\; \underline{1.040} \quad 200\,\overline{1.200} \\ \quad\; \ldots\ldots \quad\quad \ldots\ldots \\ \\ \qquad\qquad\quad 400\,\overline{1.400} \qquad D_{\underline{10}\;\underline{0}\;\underline{0}\;\underline{0}\;\underline{0}\;\underline{0}\;\underline{0}\;\underline{0}\;\underline{0}}^{Pl_x\, l_y\, l_z\, x_i\, x_e\, y_d\, y_s\, z_r\, z_e} = P(\bar{l}_x); \\ \qquad\qquad\quad \ldots\ldots \end{array}$$

rezultă

$$X_i = \bar{l}_x\, \overline{O}\, (P \cup x_i);$$

— pentru X_e :

$$\begin{array}{l} \overset{20}{} \quad \overset{2}{} \quad\quad \overset{4}{} \\ 10\,\underline{600} \;/\; 620 \;/\; 602\; 622 \;/\; 604\; 624\; 606\; 626, \\ \quad\; \underline{610} \\ 40\,\underline{640} \\ \quad\; \underline{650} \\ 1.000\,\overline{1.600} \quad X_e = D_{\underline{01}\;1\;0\;\underline{0}\;\underline{0}\;\underline{0}\;\underline{0}\;\underline{0}\;0}^{Pl_x\, l_y\, l_z\, x_i\, x_e\, y_d\, y_s\, z_r\, z_e} = l_x\, l_y\, \bar{l}_e\, \bar{z}_e\, \overline{O}; \\ \quad\quad \ldots\ldots \end{array}$$

— pentru Y_d :

$$\begin{array}{r} \overset{10}{/}\ 310 \ / \ 301\ \ 311 \ / \ 304\ 314\ 305\ 315, \\ 20\ \dfrac{300}{320} \\ 40\ \dfrac{340}{} \\ 1.000\ \dfrac{360}{1.300} \end{array} \quad Y_d = D^{Pl_x\, l_y\, l_z\, x_i\, x_e\, y_d\, y_s\, z_r\, z_c}_{\underline{00}\ 1\ 1\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ 0\ \underline{0}} = \bar{l}_x\, l_y\, l_z\, \bar{z}_r\, \overline{O};$$

.....

— pentru Y_s :

$$\begin{array}{r} \overset{4}{/}\ 504 \ / \ 501\ \ 505 \ / \ 510\ 514\ 511\ 515, \\ 20\ \dfrac{500}{520} \\ 40\ \dfrac{540}{} \\ 1.000\ \dfrac{560}{1.500} \end{array} \quad Y_s = D^{Pl_x\, l_y\, l_z\, x_i\, x_e\, y_d\, y_s\, z_r\, z_c}_{\underline{01}\ 0\ 1\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ 0\ \underline{0}} = \bar{l}_x\, l_y\, l_z\, z_r\, \overline{O};$$

.....

— pentru Z_r :

$$\begin{array}{r} \overset{2}{/}\ 202 \ / \ 201\ \ 203 \ / \ 204\ 206\ 205\ 207, \\ 10\ \dfrac{200}{210} \\ 40\ \dfrac{240}{} \\ 1.000\ \dfrac{230}{1.200} \end{array} \quad D^{Pl_x\, l_y\, l_z\, x_i\, x_e\, y_d\, y_s\, z_r\, z_c}_{\underline{00}\ 1\ 0\ \underline{0}\ 0\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}} = \bar{l}_x\, l_y\, \bar{l}_z\, \bar{x}_e,$$

.....

$$\begin{array}{r} \overset{2}{/}\ 402 \ / \ 401\ \ 403 \ / \ 404\ 604\ 405\ 407, \\ 10\ \dfrac{400}{410} \\ 20\ \dfrac{420}{} \\ 1.000\ \dfrac{430}{1.400} \end{array} \quad D^{Pl_x\, l_y\, l_z\, x_i\, x_e\, y_d\, y_s\, z_r\, z_c}_{\underline{01}\ 0\ 0\ 0\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}} = l_x\, \bar{l}_y\, \bar{l}_z\, \bar{x}_i;$$

.....

Scanned with OKEN Scanner

rezultă deci

$$Z_r = l_r(\bar{l}_x l_y \bar{x}_r \cup l_x \bar{l}_y x_i)\,\overline{O};$$

— pentru Z_c:

$$\begin{array}{l} \qquad\quad 1 \quad\; 2 \qquad\quad 4 \\ 20\,\dfrac{100}{120} \;/\; 101 \;/\; 102\;\; 103 \;/\; 104\;\; 105\;\; 106\;\; 107, \\ 40\,\dfrac{}{140} \end{array}$$

$$1.000\,\frac{160}{1.100}\quad D^{Pl_x\, l_y\, l_z\, x_i\, x_c\, y_d\, y_s\, z_r\, z_c}_{\underline{0}0\;\;0\;\;1\;\;\underline{0}\;\;\underline{0}\;\;0\;\;\underline{0}\;\;\underline{0}\;\;\underline{0}} = \bar{l}_x\, \bar{l}_y\, l_z\, \overline{y}_d,$$

$$\cdots\cdots$$

$$\begin{array}{l} \qquad\quad 1 \quad\; 2 \qquad\quad 10 \\ 20\,\dfrac{700}{720} \;/\; 701 \;/\; 702\;\; 703 \;/\; 710\;\; 711\;\; 712\;\; 713, \\ 40\,\dfrac{}{740} \end{array}$$

$$1.000\,\frac{}{1.700}\quad D^{Pl_x\, l_y\, l_z\, x_i\, x_c\, y_d\, y_s\, z_r\, z_c}_{\underline{0}1\;\;1\;\;1\;\;\underline{0}\;\;\underline{0}\;\;\underline{0}\;\;0\;\;\underline{0}\;\;\underline{0}} = l_x\, l_y\, l_z\, \overline{y}_s;$$

$$\cdots\cdots$$

rezultă deci

$$Z_c = l_z\,(\bar{l}_x\, \bar{l}_y\, \overline{y}_d \cup l_x\, l_y\, \overline{y}_s)\,\overline{O}.$$

Schemele cu şi fără contacte sînt date în figurile 11.41 şi 11.42. Structurarea acestor scheme nu a pus probleme deosebite. Trebuie doar să remarcăm că pentru controlul funcţionării excavatorului în urma unei opriri de urgenţă se foloseşte dublarea comenzii prin limitatoare. Pentru simplificarea reprezentării schemei cu contacte, butoanele corespunzătoare nu au mai fost reprezentate în schema din figura 11.41.

Exemplul 11.17. Să se facă sinteza unei scheme de comandă automată a acţionării unei prese cu dublu efect (fig. 11.43), folosită la fabricarea unor piese prin matriţare.

Acţionarea electrohidraulică este controlată de contactoarele A_r, A_c, B_r şi B_c, care servesc la cuplarea electromagneţilor electrodistribuitoarelor la reţeaua electrică de alimentare.

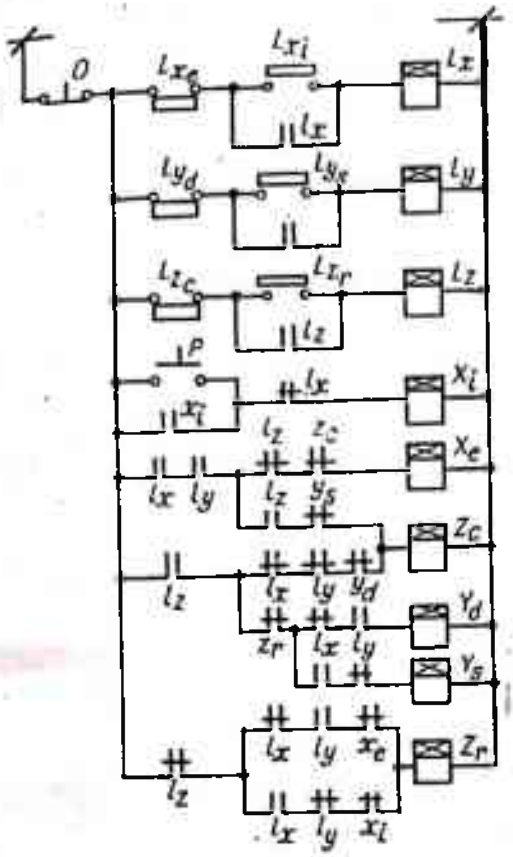


Fig. 11.41. — Schema cu contacte pentru comanda automată a unui excavator.

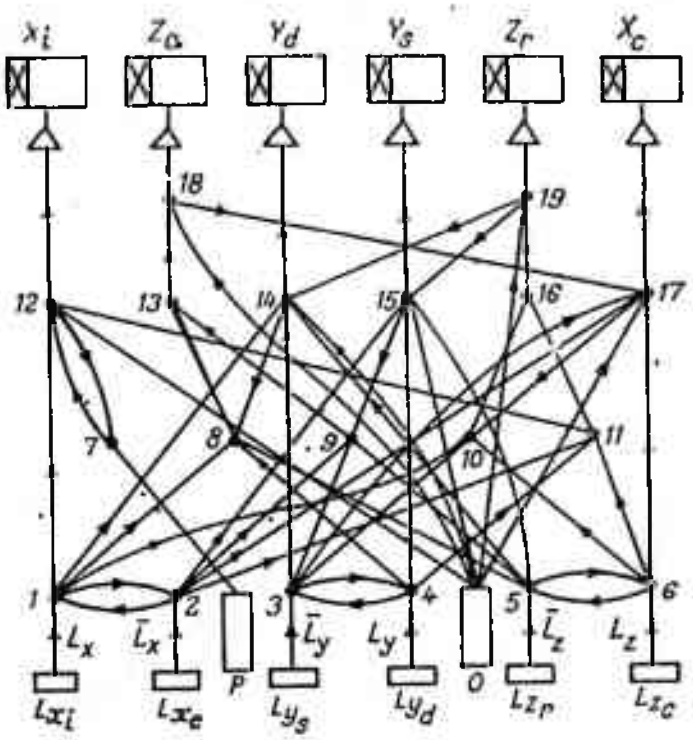


Fig. 11.42. — Schema modulară UNILOG pentru comanda automată a unui excavator.

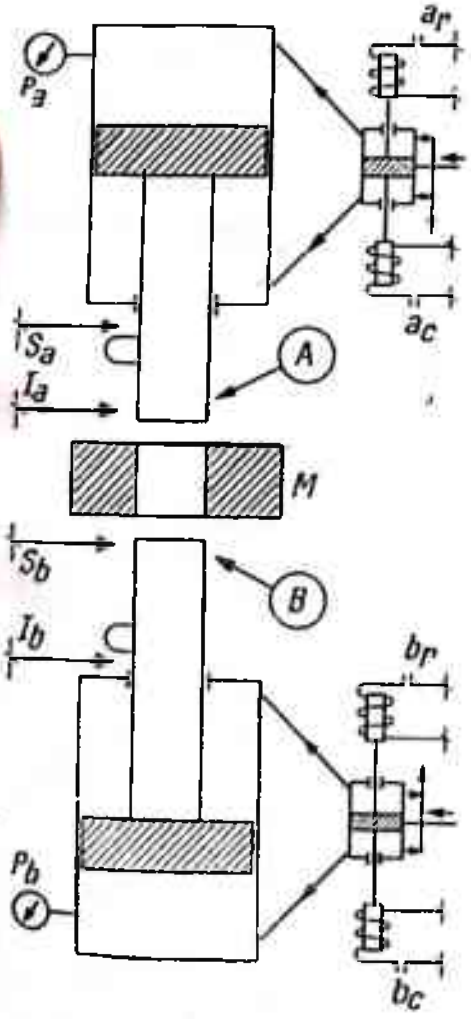


Fig. 11.43. — Acționarea unei prese cu dublu efect.

Scanned with OKEN Scanner

Poziţiile culiselor A şi B ale presei sînt controlate prin limitatoare cu memorie, notate prin S_a, I_a şi S_b, I_b, iar forţa lor de presare este controlată de traductoarele de presiune cu contact P_a şi P_b.

Comanda punerii în funcţiune a presei se dă cu ajutorul unui buton P cu revenire.

Butonul de oprire are şi rol de întrerupător de avarie sau de comandă a opririi de urgenţă.

Ciclul de lucru al presei cuprinde următoarele faze:

1) se presupune că matriţa e alimentată. În acest caz are loc coborîrea culisei A pînă la nivelul matriţei M;

2) urcarea culisei B pînă în momentul cînd presiunile exercitate de cele două culise asupra materialului din matriţă ating valorile prescrise;

3) ridicarea culisei A pînă la nivelul limită superior;

4) ridicarea culisei B care împinge comprimatul afară;

5) coborîrea culisei B.

Urmează apoi îndepărtarea comprimatului, alimentarea matriţei şi începutul unui nou ciclu de funcţionare. Aceste operaţii se presupun că se fac în timpul cît durează coborîrea culisei B.

Considerăm drept variabile primare variabilele asociate ieşirii celor două memorii L_a şi L_b, cele asociate traductoarelor de presiune cu contact P_a şi P_b şi variabila asociată butonului de pornire P.

Variabilele de ieşire şi cele secundare sînt asociate celor patru contactoare care servesc la acţionarea electromotoarelor presei.

Cu aceste precizări putem trece la trasarea diagramei de faze din figura 11.44, în care sînt evidenţiate secvenţele de lucru care corespund specificaţiilor din enunţ.

Simbolul de marcare, rezultat din citirea diagramei de faze codificate, este

$$F(A_r, A_c, B_r, B_c) = D^{Pl_a\, l_b\, p_a\, p_b\, a_r\, a_c\, b_r\, b_c}_{(10,\ 210,\ 230,\ 250,\ 260,\ 270),\ (4,\ 400,\ 404),\ (2,\ 10{,}12,\ 200,\ 202,\ 222,\ 242),\ (100,\ 101).}$$

Stările 0 pentru fiecare variabilă de ieşire se obţin extrăgînd stările 1, date de simbolul de marcare pentru variabila respectivă, din şirul

0, 1,2,4,10, 12, 100, 101, 102, 200, 202, 204, 210, 222, 230, 242, 250, 260, 262, 270, 400, 404.

Expresiile booleene minimale care rezultă sînt următoarele:

— pentru A_r:

$$\begin{array}{l} \quad\quad 200 \quad\quad 20 \quad\quad 40 \\ \quad / \ 210 \ / \ 30 \ 230 \ / \ 50 \ 250 \ 70 \ 270, \\ 1 \ \overline{10} \\ \quad \overline{11} \\ 4 \ \overline{14} \\ 100 \ \overline{15} \\ \quad \overline{110} \quad 400 \ \overline{\quad} \\ \quad \overline{140} \end{array} \qquad D_{\underline{00}\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ 1\ \underline{0}\ 0\ \underline{0}}^{Pl_a\ l_b\ p_a\ p_b\ a_r\ a_c\ b_r\ b_c} = a_r \bar{b}_r,$$

$$\begin{array}{l} \quad\quad 1 \quad\quad 20 \quad\quad 4 \\ \quad / \ 261 \ / \ 240 \ 241 \ / \ 264 \ 265 \ 266 \ 267 \\ 10 \ \overline{260} \\ \quad \overline{270} \\ 100 \ \overline{360} \\ 200 \ \overline{370} \\ \quad \overline{60} \quad 400 \ \overline{\quad} \\ \quad \overline{660} \end{array} \qquad D_{\underline{01}\ \underline{0}\ 1\ \underline{1}\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}}^{Pl_a\ l_b\ p_a\ p_b\ a_r\ a_c\ b_r\ b_c} = p_a \bar{b}_r;$$

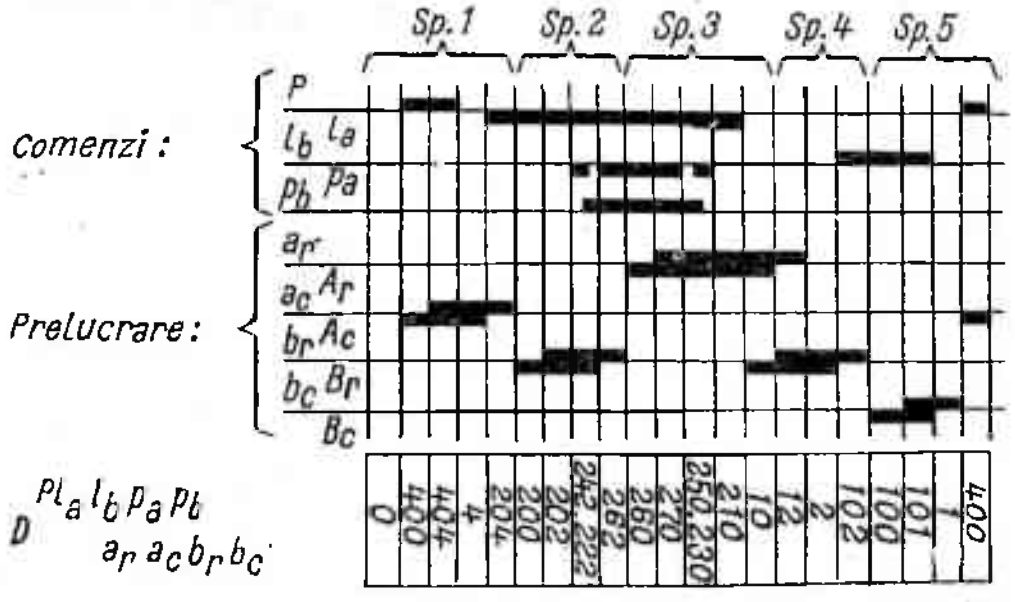


Fig. 11.44. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.17.

rezultă

$$A_r = \overline{b}_r (a_r \cup p_a) \overline{O};$$

— pentru A_c:

$$\begin{array}{l} \quad 400 \quad 1 \quad 2 \\ \quad / \ 404 \ / \ 5 \quad 405 \ / \ 6 \quad 406 \quad 7 \quad 407 \\ 10\,\overline{\underline{4}} \\ 20\,\overline{\underline{14}} \\ 20\,\overline{\underline{24}} \\ 40\,\overline{\underline{34}} \quad 100\,\overline{\quad} \\ 40\,\overline{\underline{44}} \quad \overline{104} \\ \ldots \quad \ldots \end{array} \qquad D^{Pl_a\, l_b\, p_a\, p_b\, a_r\, a_c\, b_r\, b_c}_{\underline{0}0\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ 1\ \underline{0}\ \underline{0}} = \overline{l}_a\, a_c,$$

$$\begin{array}{l} \quad 1 \quad 2 \quad 4 \\ \quad / \ 401 \ / \ 402 \quad 403 \ / \ 404 \quad 405 \quad 406 \quad 407 \\ 10\,\overline{\underline{400}} \\ 10\,\overline{\underline{410}} \\ 20\,\overline{\underline{420}} \quad 100\,\overline{\quad} \\ 40\,\overline{\underline{430}} \quad \overline{500} \\ 40\,\overline{\underline{440}} \quad \ldots \\ \ldots \quad 200\,\overline{\quad} \\ \quad \overline{600} \\ \quad \ldots \end{array} \qquad D^{Pl_a\, l_b\, p_a\, p_b\, a_r\, a_c\, b_r\, b_c}_{\underline{1}0\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}} = P(\overline{l}_a);$$

rezultă deci

$$A_c = \overline{O}\,\overline{l}_a (P \cup a_c);$$

— pentru B_r:

$$\begin{array}{l} \quad 10 \quad 1 \quad 4 \\ \quad \underline{2} \ / \ 12 \ / 3 \ 13 \ / 6 \ 16 \ 7 \ 17, \\ 20 \quad \overline{\underline{22}} \\ 40 \quad \overline{42} \\ 400 \quad \overline{\underline{62}} \\ \quad \overline{402} \\ \quad \ldots \end{array} \qquad D^{Pl_a l_b p_a p_b a_r a_c b_r b_c}_{\underline{0}0\ 0\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ \underline{0}\ 1\ \underline{0}} = \overline{l}_b b_r \overline{l}_a,$$

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cccc} 1 & 2 & & 4 \end{array} \\ 20 & \underline{10} \;/\; 11 \;/\; 12\;13 \;/\; 14\;15\;16\;17, \\ 40 & \underline{30} \\ & \underline{50} \\ 100 & \underline{70} \quad 400 \quad \underline{\quad\quad} \\ & \underline{110} \qquad\quad \underline{410} \\ & \ldots \qquad\quad \ldots \end{array} \qquad D^{Pl_a l_b p_a p_b a_r a_c b_r b_c}_{\underline{00}\,\underline{0}\,\underline{0}\,\underline{0}\;1\;\underline{0}\,\underline{0}\,\underline{0}} = \bar{l}_a a_r,$$

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cccc} 1 & 2 & & 40 \end{array} \\ 100 & \underline{200} \;/\; 201 \;/\; 202\;203 \;/\; 240\;241\;242\;243, \\ 400 & \underline{300} \\ & \underline{600} \\ & 700 \end{array} \qquad D^{Pl_a l_b p_a p_b a_r a_c b_r b_c}_{\underline{0}1\;\underline{0}\,\underline{0}\;0\;0\;0\;\underline{0}\,\underline{0}} = l_a \bar{p}_b \bar{a}_r \bar{a}_c;$$

rezultă deci

$$B_r = \overline{O}\,(\bar{l}_a \bar{l}_b b_r \cup \bar{l}_a a_r \cup l_a \bar{p}_b \bar{a}_r \bar{a}_c);$$

— pentru B_c:

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cccc} 1 & 4 & & 10 \end{array} \\ 20 & \underline{100} \;/\; 101 \;/\; 104\;105 \;/\; 110\;111\;114\;115, \\ & \underline{120} \quad 40 \;__ \quad 200 \;__ \quad 400 \;__ \\ & \ldots \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad \ldots \end{array}$$

$$B_c = D^{Pl_a l_b p_a p_b a_r a_c b_r b_c}_{\underline{00}\;1\;\underline{0}\,\underline{0}\,\underline{0}\,\underline{0}\;0\;\underline{0}} = l_b \bar{b}_r.$$

Schemele cu şi fără contacte care corespund expresiilor logice deduse sînt date în figurile 11.45 şi 11.46.

Exemplul 11.18. Să se facă sinteza schemei de comandă automată a unei maşini automate de găurit. Piesa P care trebuie perforată, este antrenată într-o mişcare de translaţie cu un mecanism bielă-manivelă, acţionat de un motor X. Poziţiile extreme sînt reperate prin limitatoarele de fine de cursă A şi B.

Rotaţia burghiului este cauzată de motorul Y, iar poziţia burghiului după perforarea piesei P şi revenirea la starea iniţială este reperată prin limitatorul de fine de cursă C. Mişcarea de translaţie a burghiului este cauzată de motorul Z.

Comanda de pornire este dată prin butonul cu revenire M.

Scanned with OKEN Scanner

Variabilele primare ale schemei secvențiale de comutație care asigură funcționarea automată a mașinii de găurit vor fi cele asociate limitatoarelor de fine de cursă A, B și C și butonului de comandă M.

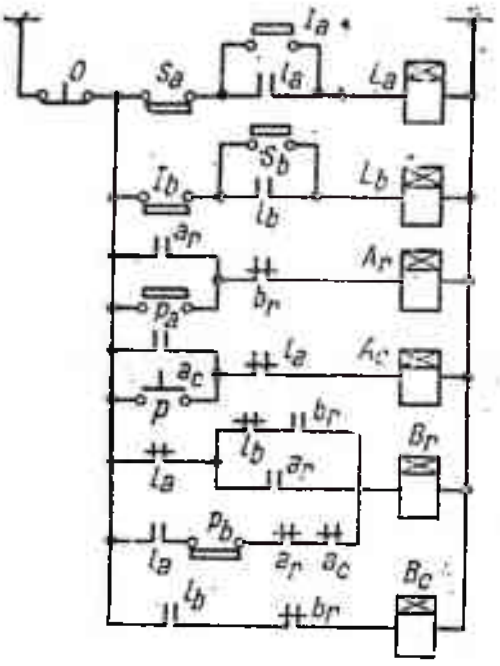


Fig. 11.45. — Schema cu contacte pentru comanda automată a acționării unei prese cu dublu efect.

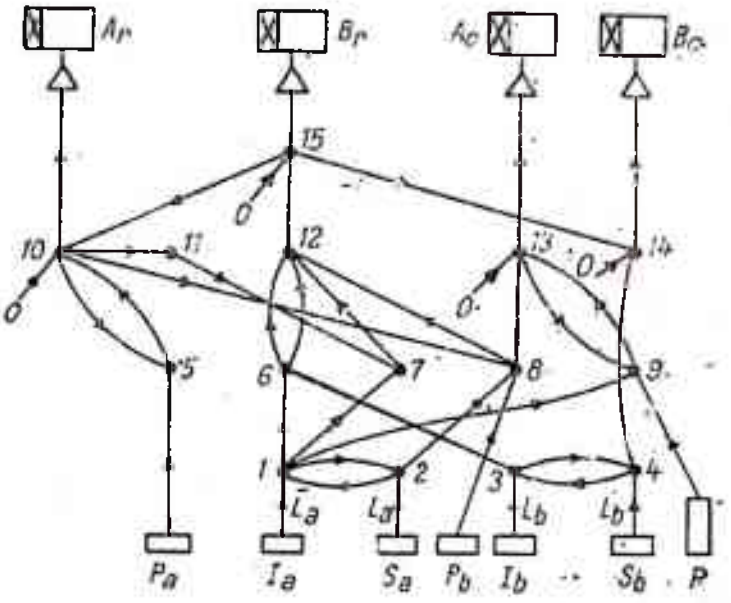


Fig. 11.46. — Schema modulară UNILOG pentru comanda automată a acționării unei prese cu dublu efect.

Drept variabile de ieșire se consideră inițial numai cele asociate contactoarelor X, Y și Z care cuplează electromotoarele de acționare la rețeaua electrică. Rezultă astfel raportul de stare

$$\frac{ABCM}{XYZ} = \frac{n}{XYZ}.$$

Starea inițială a schemei corespunde la $B = C = l$ și $A = M = X = Y = Z = 0$, fiind redată simbolic prin raportul 6/000.

Secvența de lucru a schemei, care corespunde programului de lucru a mașinii, se deduce astfel: prin apăsarea butonului de comandă M, piesa P se pune în mișcare ($X = 1$), părăsind reperul B ($B = 0$), astfel încît schema trece prin stările: 7/100→3/100.

Dezacționarea butonului M ($M = 0$) nu modifică starea schemei numai dacă piesa P începe să se deplaseze, în acest caz schema trecînd în starea 2/100. Cînd piesa P atinge reperul A ($A = 1$), ea este oprită ($X = 0$) și simultan începe avansul burghiului ($Z = 1$), prin aceasta burghiul părăsind reperul C ($C = 0$) și începînd rotația lui ($Y = 1$). Schema trece astfel prin stările 12/001→10/011. Urmează apoi perforarea piesei P și, în momentul cînd burghiul s-a întors la reperul C ($C = 1$), are loc simultan oprirea burghiului ($Z = Y = 0$) și punerea în mișcare a piesei P ($X = 1$) care trebuie readusă la reperul inițial B.

Întrucît noua stare (12), corespunde altor valori ale variabilei de ieșire, se impune introducerea variabilei de ieșire S și a celei secundare s asociate ei, prin care să discriminăm cele două stări. Aceasta se face prin stările 10/(1)011 → 30/(1)011 → 32/(1)100 → 22/(1)100.

Odată atins reperul B ($B = 1$), este oprită deplasarea piesei P ($X = 0$) și se ajunge la starea inițială. Astfel avem 26/(0)100 → 6.

Un nou ciclu de lucru poate fi comandat printr-o nouă apăsare a butonului de comandă M.

Sintetizăm stările stabilite în următoarea secvență de lucru a schemei:

$$\frac{6}{(0)\,000} \xrightarrow{M=1} \frac{7}{(0)\,100} \xrightarrow{B=0} \frac{3}{(0)\,100} \xrightarrow{M=0} \frac{2}{(0)\,100} \xrightarrow{A=1} \frac{12}{(0)\,001} \rightarrow$$

$$\xrightarrow{C=0} \frac{10}{(1)\,011} \rightarrow \frac{30}{(1)\,011} \xrightarrow{C=1} \frac{32}{(1)\,100} \xrightarrow{A=0} \frac{22}{(1)\,100} \rightarrow$$

$$\xrightarrow{B=1} \frac{26}{(0)\,000} \rightarrow (6).$$

Observăm că variabilele atașate limitatoarelor de fine de cursă joacă rolul unor pseudovariabile secundare.

Pentru a reda mai bine aspectul fizic al secvenței de lucru a schemei, în figura 11.47 — s-a dat și diagrama de faze corespunzătoare.

Scanned with OKEN Scanner

Stările secvenței de lucru a schemei definesc următorul simbol de marcare:

$$F(X, Y, Z, S) = D^{sABCM}_{\substack{(2,\ 3,\ 7,\ 22,\ 26,\ 32,\ 6^\circ,\ 10^\circ,\ 12^\circ,\ 30^\circ),\\ (10,\ 30,\ 2^\circ,\ 3^\circ,\ 6^\circ,\ 7^\circ,\ 12^\circ,\ 22^\circ,\ 26^\circ,\ 32^\circ),\\ (10,\ 12,\ 30,\ 2^\circ,\ 3^\circ,\ 6^\circ,\ 7^\circ,\ 22^\circ,\ 26^\circ,\ 32^\circ)\\ (10,\ 22,\ 30,\ 32,\ 2^\circ,\ 3^\circ,\ 6^\circ,\ 7^\circ,\ 12^\circ,\ 26^\circ).}}$$

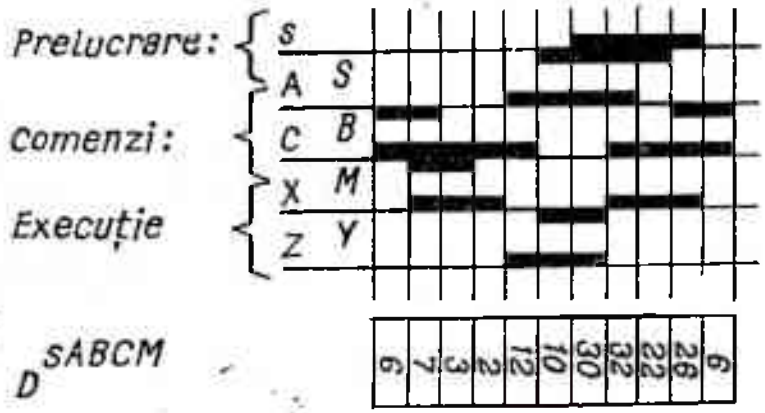


Fig. 11.47. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.18.

Aplicînd metoda simbolică de minimizare, se stabilesc următoarele expresii minimale ale celor patru funcții logice, definite de simbolul de marcare următor:

— pentru X:

$$\underline{2} \;/\; 3 \;/\; 22\ 23 \;/\; 0\ 1\ 20\ 21 \qquad D^{sABCM}_{\underline{0}\,00\underline{1}\,\underline{0}} = \bar{A}\bar{B},$$

$$20\ \underline{\underline{27}} \;/\; 5 \;/\; 3\ 1 \;/\; 17\ 15\ 13\ 11, \qquad D^{sABCM}_{\underline{00111}} = M,$$

$$26 \;/\; 36 \;/\; 22\ 32 \;/\; 27\ 37\ 23\ 33, \qquad D^{sABCM}_{1\underline{01}\,1\,\underline{0}} = sC;$$

rezultă deci

$$X = M \cup \bar{A}\bar{B} \cup sC;$$

— pentru Y :

$$10\ \frac{10}{0}\ \overset{20}{/}\ 30\ \overset{1}{/}\ 11\ 31\ \overset{4}{/}\ 14\ 34\ 15\ 35. \qquad Y = D^{sABCM}_{\underline{0\,1\,0}\,0\,\underline{0}} = \overline{C};$$

— pentru Z :

$$10\ \overset{2}{/}\ 12\ \overset{1}{/}\ 11\ 13\ \overset{4}{/}\ 14\ 16\ 15\ 17, \qquad D^{sABCM}_{0\,1\,\underline{0\,0\,0}} = \bar{s}A,$$

$$20\ \frac{30}{10}\ \overset{1}{/}\ 31\ \overset{4}{/}\ 34\ 35\ \overset{10}{/}\ 20\ 21\ 24\ 25, \qquad D^{sABCM}_{\underline{1\,1\,0}\,0\,\underline{0}} = \overline{C};$$

rezultă deci

$$Z = \bar{s}A \cup \overline{C};$$

— pentru S :

$$10\ \frac{10}{0}\ \overset{20}{/}\ 30\ \overset{1}{/}\ 11\ 31\ \overset{4}{/}\ 14\ 34\ 15\ 35, \qquad D^{sABCM}_{\underline{0\,1\,0}\,0\,\underline{0}} = \overline{C}$$

$$22\ \overset{10}{/}\ 32\ \overset{1}{/}\ 23\ 33\ \overset{2}{/}\ 20\ 30\ 21\ 31, \qquad D^{sABCM}_{1\,\underline{0}\,0\,\underline{1\,0}} = s\bar{B};$$

rezultă deci

$$S = \overline{C} \cup s\bar{B}.$$

Aceste formule permit structurarea schemei cu contacte date în figura 11.48 *a*.

Pentru a găsi schema echivalentă cu punţi, ne folosim de regulile transformării din stea în triunghi, expuse în capitolul 9.

Pentru aceasta considerăm funcţiile logice specifice

$$\Delta_x = M \cup \bar{A}\bar{B} \cup sC;\ \Delta_y = \overline{C};\ \Delta_z = \bar{s}A \text{ şi } \Delta_S = s\bar{B}.$$

Aceste funcţii logice cuprind în ansamblu toate numerele de stare care definesc mărimile de ieşire ale schemei, iar fiecare în parte cuprinde numerele de stare specifice variabilei de ieşire pe care o definesc.

O legătură în punte posibilă este dată de

$$\Delta_{xS} = \overline{C}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Astfel, întrucît Δ_z și Δ_S nu au numere de stare comune, Δ_{zS} va fi definit de numerele de stare comune variabilelor Z și S, dar necuprinse de Δ_z și Δ_S, adică de numerele de stare care definesc variabila $\overline{C}$.

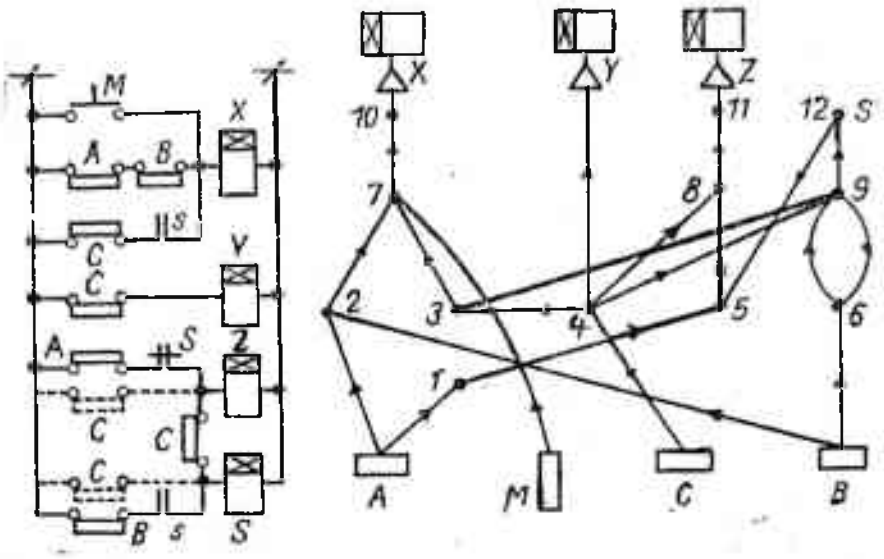


Fig. 11.48. — Schemele de comutație a) dinamică și b) statică pentru comanda automată a unei mașini de găurit.

Pe calea acestei transformări, cele două contacte $\overline{C}$, reprezentate prin linii întrerupte în schema din fig. 11.48*a*, au fost înlocuite printr-un contact unic $\overline{C}$, conectat pe puntea de legătură dintre Z și S.

Pentru structurarea schemei modulare UNILOG, punem cele patru funcții logice sub forma

$$X = \overline{\overline{M \cup \overline{A}\,\overline{B} \cup sC}} = \overline{\overline{M}\,(A \cup B)\,(\overline{s} \cup \overline{C})} = \overline{\overline{M \cup (A \cup B) \cup (\overline{s} \cup \overline{C})}} =$$

$$= \overline{M \top (A \top B) \top (\overline{s} \top \overline{C})},\quad Y = \overline{C},$$

$$Z = \overline{\overline{sA \cup \overline{C}}} = (s \cup \overline{A})\,C = \overline{\overline{(s \cup \overline{A})\,\overline{C}}} = (s \top \overline{A}) \top \overline{C},$$

$$S = \overline{\overline{C \cup sB}} = C\,(\overline{s} \cup B) = \overline{\overline{C} \cup (\overline{s} \cup B)} = \overline{C} \top (\overline{s} \top B).$$

Schema modulară care corespunde acestor formule este reprezentată în figura 11.48*b*. Ea a fost verificată experimental cu ajutorul unui simulator logic şi a corespuns specificaţiilor date prin enunţul problemei de sinteză.

O problemă similară este rezolvată şi în [84, p. 276] prin alte metode. Rezultatele obţinute prin metoda simbolică de sinteză ne conduc la soluţii mai avantajoase economic, pe o cale de rezolvare, credem, mai simplă. Astfel schema echivalentă conţine numai 11 contacte în loc de 13, cum se arată în lucrarea citată.

Exemplul 11.19. Să se facă sinteza schemei de comandă automată a unei acţionări electrohidraulice (fig. 11.49) pentru o mişcare du-te-vino controlată printr-un singur limitator de cursă.

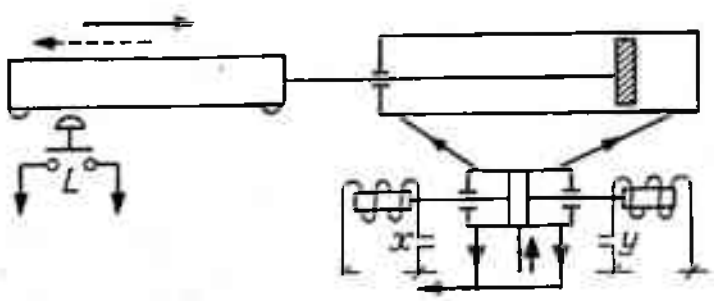


Fig. 11.49. — Acţionare electrohidraulică.

Considerăm drept variabile primare variabila L, asociată contactului limitatorului de cursă, şi variabila P, asociată butonului de pornire.

Variabilele de ieşire şi cele secundare le asociem contactoarelor X şi Y, ale căror contacte x şi y controlează alimentarea electromagneţilor care acţionează sertarul amplificatorului hidraulic ce comandă servomotorul hidraulic de acţionare.

Pentru memorarea sensului de mişcare este nevoie de introducerea unei variabile auxiliare de ieşire A.

Cu aceste precizări, raportul de stare al schemei va fi

$$\frac{PL(xya)}{XYA} = \frac{n}{XYA}.$$

Secvenţele de lucru ale schemei se stabilesc făcînd următorul raţionament: dacă în starea de repaus (0) se acţionează butonul P, schema trece în starea (20), în care este acţionat contactorul X, prin

anclanşarea contactelor căruia schema trece în starea (24). Dezacţionînd P, schema trece în starea (4):

$$(0) \xrightarrow{P=1} \frac{20}{100} \rightarrow \frac{24}{100} \xrightarrow{P=0} \frac{4}{100}.$$

La atingerea limitatorului L, contactorul X devine dezexcitat şi contactorul Y excitat, astfel încît schema trece prin stările

$$(4) \xrightarrow{L=1} \frac{14}{000} \rightarrow \frac{10}{010} \rightarrow \frac{12}{010}.$$

Dezacţionarea lui L nu modifică starea lui X, dar o modifică pe cea a lui A. Prin aceasta este memorat sensul de mişcare spre stînga. Astfel avem

$$(12) \xrightarrow{L=0} \frac{2}{011} \rightarrow \frac{3}{011}.$$

O nouă acţionare a lui L trece schema prin stările

$$(3) \xrightarrow{L=1} \frac{13}{001} \rightarrow \frac{11}{101} \rightarrow \frac{15}{101},$$

prin care se inversează sensul de mişcare.

În fine, o nouă dezacţionare a lui L readuce schema în starea iniţială:

$$(15) \xrightarrow{L=0} \frac{5}{100} \rightarrow \frac{4}{100}.$$

Sub formă grafică, secvenţele de lucru ale schemei se prezintă ca în diagrama de faze dată în figura 11.50.

Scanned with OKEN Scanner

Folosind numerele de stare definite prin stările de mai sus sau din diagrama de faze codificată, se stabilește următorul simbol de marcare pentru funcțiile logice ale schemei sintetizate:

$$F(X, Y, A) = D^{PLxya}_{(4,\ 5,\ 11,\ 15,\ 20,\ 24),\ (2,\ 3,\ 10,\ 12),\ (2,\ 3,\ 11,\ 13,\ 15)}.$$

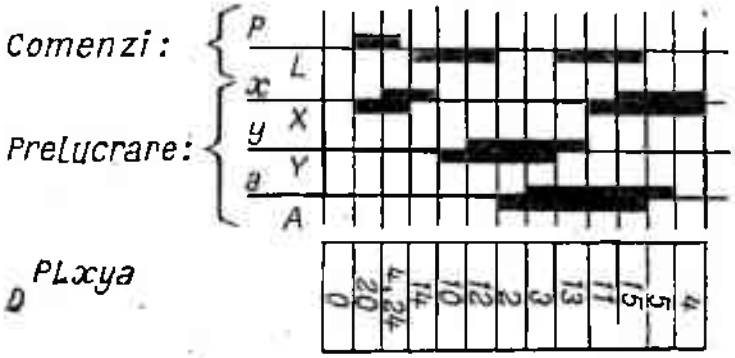


Fig. 11.50. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.13.

Stările 0 se extrag din șirul

$$0, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 24.$$

Rezultă următoarele expresii logice minimale:
— pentru X:

$$\begin{array}{rl} & \begin{array}{cccc} & 1 & & 20 \end{array} \\ 2 & \begin{array}{c} \underline{4} \\ 6 \end{array} \ / \ 5 \ / \ 24 \ \ 25 \end{array} \qquad D^{PLxya}_{\underline{0}\,0\,1\underline{0}\underline{0}} = \overline{L}x,$$

$$\begin{array}{rl} & \begin{array}{cccc} & 4 & & 20 \end{array} \\ 10 & \begin{array}{c} \underline{11} \\ 1 \end{array} \ / \ 15 \ / \ 31 \ \ 35 \end{array} \qquad D^{PLxya}_{\underline{010}\,0\,1} = \overline{y}a,$$

$$\begin{array}{rl} & \begin{array}{cccc} & 1 & & 2 \end{array} \\ 4 & \underline{20} \ / \ 21 \ / \ 22 \ \ 23 \\ 10 & \underline{24} \\ & 30 \\ & 34 \end{array} \qquad D^{PLxya}_{\underline{1000}\,0} = P;$$

rezultă deci

$$X = \overline{O}\,(P \cup \overline{L}x \cup \overline{y}a);$$

— pentru Y :

$$20\ \underset{22}{\overset{2}{\underline{2}}}\ /\ \overset{1}{3}\ /\ \overset{4}{6}\ 7 \qquad D^{PLxya}_{\underline{0}\,0\,0\,\underline{1}\,\underline{0}} = \overline{L}y,$$

$$\underset{10}{\overset{2}{\underline{10}}}\ /\ \overset{20}{12}\ /\ 30\ 32 \qquad D^{PLxya}_{\underline{0}\,1\,\underline{0}\,\underline{0}\,\underline{0}} = L\bar{x}\bar{a},$$

$$20\ \underset{22}{\overset{2}{\underline{2}}}\ /\ \overset{10}{12}\ /\ \overset{4}{6}\ 16 \qquad D^{PLxya}_{\underline{0\,0\,0}\,1\,0} = (y\bar{a});$$

rezultă deci

$$= Y[\overline{L}y \cup L\bar{x}\bar{a} \cup (y\bar{a})]\,\overline{O};$$

— pentru A :

$$20\ \underset{22}{\overset{2}{\underline{2}}}\ /\ \overset{1}{3}\ /\ \overset{4}{6}\ 7 \qquad D^{PLxya}_{\underline{0}\,0\,0\,\underline{1}\,\underline{0}} = \overline{L}y,$$

$$20\ \underset{31}{\overset{11}{\underline{11}}}\ /\ \overset{2}{13}\ /\ \overset{4}{15}\ 17 \qquad D^{PLxya}_{\underline{0}\,1\,\underline{0}\,\underline{0}\,1} = La,$$

$$20\ \underset{23}{\overset{3}{\underline{3}}}\ /\ \overset{10}{13}\ /\ \overset{2}{1}\ 11 \qquad D^{PLxya}_{\underline{0\,0\,0}\,\underline{1}\,1} = (\bar{x}a);$$

rezultă deci

$$A = [Ly \cup La \cup (\bar{x}a)]\,\overline{O}.$$

Schema cu contacte care corespunde acestor formule este dată în figura 11.51, termenii redundanți necesari pentru eliminarea hazardului de continuitate fiind reprezentați prin linii întrerupte.

Schema modulară UNILOG este dată în figura 11.52.

Exemplul 11.20. Să se facă sinteza schemei sincrone de comandă automată a unui transportor cu bandă format din trei tronsoane.

Comanda de pornire-oprire este dată printr-o memorie comandată la intrare prin butoanele cu revenire M și O.

Pentru memorarea stărilor schemei în pauzele dintre impulsurile sincrone provenite de la generatorul de tacte S și aplicate intrării S, este nevoie de o variabilă auxiliară de ieșire, pe care o vom nota cu A.

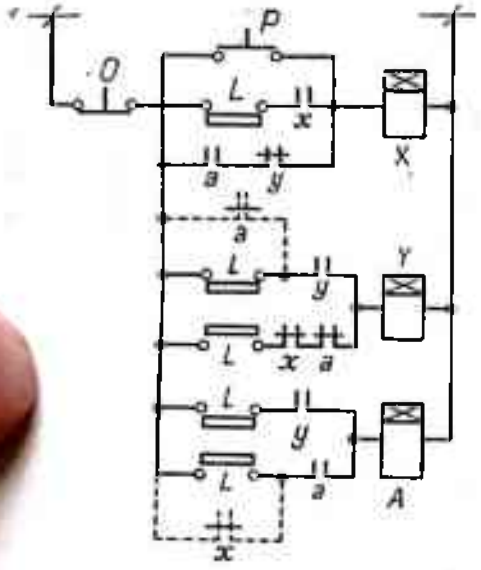


Fig. 11.51. — Schema cu contacte pentru comanda automată a unei acționări electro-hidraulice controlate printr-un singur limitator.

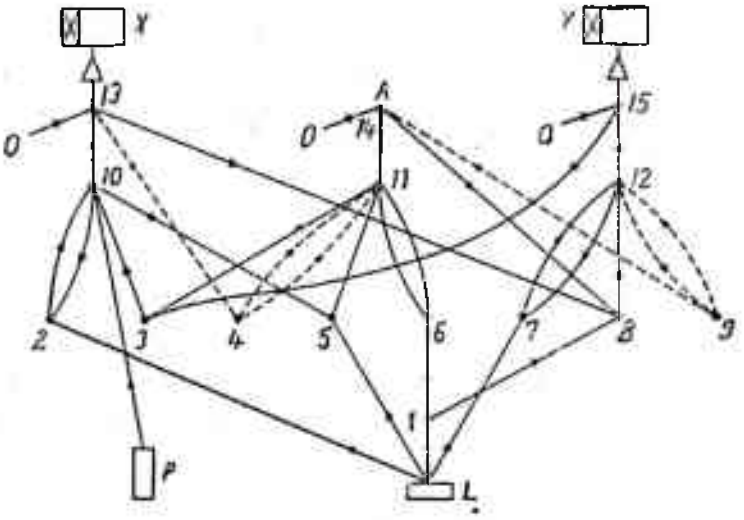


Fig. 11.52. — Schema modulară UNILOG pentru o acționare electrohidraulică.

Avînd în vedere ordinea pornirii electromotoarelor ZYX și cea a opririi lor XYZ, se stabilește diagrama de faze din figura 11.53.

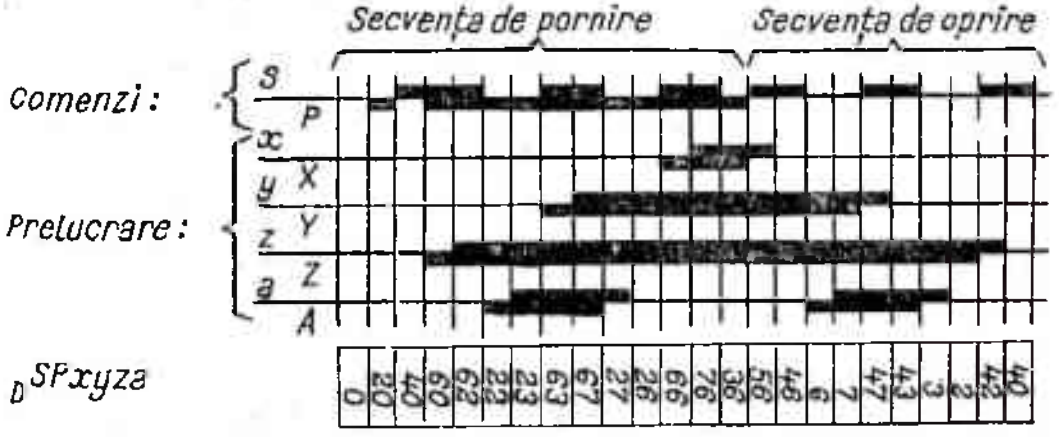


Fig. 11.53. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.20.

Controlul tranziţiilor dintre stările schemei de comutaţie sincrone este făcut de către semnalele de tact S.

Codificarea diagramei permite specificarea stărilor de tranziţie şi a celor stabile ale schemei şi, în final, structurarea simbolului de marcare:

$$F(X, Y, Z, A) = D^{SPxyza}_{(36,\ 66,\ 76),\ (6,\ 7,\ 26,\ 27,\ 36,\ 46,\ 56,\ 63,\ 66,\ 67,\ 76),\ (2,\ 3,\ 6,\ 7,\ 22,\ 23,\ 26,\ 27,\ 36,\ 43,\ 46,\ 47,\ 56,\ 60,\ 62,\ 63,\ 66,\ 67,\ 76),\ (6,\ 7,\ 22,\ 23,\ 43,\ 47,\ 63,\ 67)}$$

Stările 0 se extrag din şirul

0, 2, 3, 6, 7, 20, 22, 23, 26, 27, 36, 40, 42, 43, 46, 47, 56, 60, 62, 63, 66, 67, 76.

Expresiile logice minimale vor fi:

— pentru X:

$$4\,\frac{36}{32}\ /\ 76\ /\ 37\ \ 77\ /\ 34\ \ 74\ \ 35\ \ 75, \qquad D^{SPxyza}_{0\underline{11}1\underline{10}} = xP,$$

$$66\ /\ 64\ /\ 76\ \ 74, \qquad D^{SPxyza}_{11\underline{0}1\underline{1}0} = SPy\bar{a};$$

rezultă deci

$$X = Px \cup SPy\bar{a};$$

— pentru Y:

$$2\,\frac{6}{4}\ /\ 7\ /\ 26\ \ 27\ /\ 16\ \ 17\ \ 36\ \ 37, \qquad D^{SPxyza}_{0\underline{00}1\underline{10}} = \bar{S}y,$$

$$\begin{array}{l} \overset{10}{40}\,\underline{46}\,/\,56\,/\,44\;54\,/\,66\;76\;64\;74, \\ \quad\;\;\underline{6} \end{array} \qquad D\begin{matrix} SPxyza \\ \underline{10}0\underline{1}10 \end{matrix} = y\bar{a},$$

$$\begin{array}{l} \overset{4}{\underline{63}}\,/\,67\,/\,61\;65\,/\,73\;77\;71\;75, \end{array} \qquad D\begin{matrix} SPxyza \\ 11\underline{00}11 \end{matrix} = SPa,$$

$$\begin{array}{l} \overset{1}{20}\,\underline{77}\,/\,76\,/\,75\;74\,/\,73\;72\;71\;70, \\ 40\,\underline{57} \\ \quad\;\;37 \\ \quad\;\;17 \end{array} \qquad D\begin{matrix} SPxyza \\ \underline{11}11\underline{11} \end{matrix} = x;$$

rezultă deci

$$Y = \bar{S}y \cup y\bar{a} \cup SPa \cup (x);$$

— pentru Z:

$$\begin{array}{l} \overset{1}{10}\,2\,/\,3\,/\,6\;7\,/\,22\;23\;26\;27, \\ \quad\;\;12 \end{array} \qquad D\begin{matrix} SPxyza \\ 0\underline{00}10 \end{matrix} = \bar{S}z,$$

$$\begin{array}{l} \overset{2}{20}\,\underline{43}\,/\,41\,/\,47\;45\,/\,53\;51\;57\;55, \\ 40\,\underline{63} \\ \quad\;\;3 \\ \quad\;\;23 \end{array} \qquad D\begin{matrix} SPxyza \\ \underline{10}01\underline{1} \end{matrix} = a,$$

$$\begin{array}{l} \overset{10}{2}\,\underline{46}\,/\,56\,/\,66\;76\,/\,47\;57\;67\;77, \\ 40\,\underline{44} \\ \quad\;\;6 \\ \quad\;\;4 \end{array} \qquad D\begin{matrix} SPxyza \\ \underline{10}0\underline{11}0 \end{matrix} = y,$$

$$\begin{array}{l} \overset{2}{10}\,\underline{60}\,/\,62\,/\,61\;63\,/\,64\;66\;65\;67, \\ \quad\;\;70 \end{array} \qquad D\begin{matrix} SPxyza \\ 11\underline{0000} \end{matrix} = SP;$$

rezultă deci

$$Z = \overline{S}z \cup a \cup y \cup SP;$$

— pentru A:

$$\begin{array}{l} \overset{1}{6} / \overset{2}{7} / \overset{10}{4\ 5} / 16\ 17\ 14\ 15, \\ \overset{1}{22} / \overset{10}{23} / 32\ 33, \\ \overset{4}{10\,\underline{43}\atop 53} / \overset{20}{47} / \overset{2}{63\ 67} / 41\ 45\ 61\ 65, \\ \overset{4}{2\,\underline{33}\atop 31} / \overset{20}{37} / \overset{40}{13\ 17} / 73\ 77\ 53\ 57 \end{array} \qquad \begin{array}{l} D\ \underset{000\underline{11}\underline{0}}{SPxyza} = \overline{SP}y, \\ D\ \underset{0\underline{1}00\underline{1}\underline{0}}{SPxyza} = \overline{S}P\overline{y}z, \\ D\ \underset{\underline{1}00\underline{11}}{SPxyza} = Sa, \\ D\ \underset{\underline{11}0\underline{11}}{SPxyza} = ax; \end{array}$$

rezultă deci

$$A = \overline{S}\overline{P}y \cup \overline{S}P\overline{y}z \cup Sa \cup (ax).$$

Schema modulară UNILOG care realizează funcțiunile cerute este dată în figura 11.54.

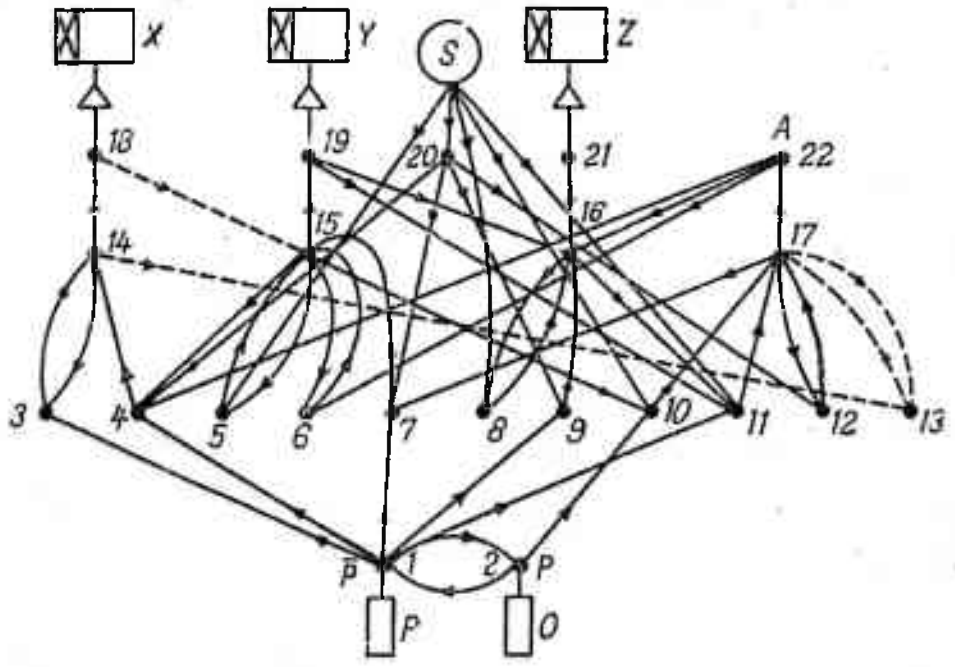


Fig. 11.54. — Schema modulară UNILOG pentru comanda automată sincronă a unui transportor cu bandă.

11.3 SINTEZA UNOR SCHEME DE COMUTAŢIE FOLOSITE ÎN CALCULATOARELE ELECTRONICE ŞI ÎN AUTOMATIZĂRI INDUSTRIALE

Exemplul 11.21. Să se facă sinteza unui circuit de comutaţie care să dea la ieşire un semnal de aceeaşi durată cu cel aplicat la intrare la fiecare a doua apariţie a semnalului de intrare.

În funcţionarea acestei scheme se disting patru stări stabile care corespund stărilor ce precedă şi succedă aplicarea primului şi a celui de-al doilea semnal de intrare. Pentru memorarea acestor patru stări ar fi necesare două variabile secundare, dintre care una ar reprezenta variabila ataşată variabilei de ieşire Z şi alta ar fi ataşată unei variabile secundare auxiliare de ieşire A.

Întrucît însă variabila de ieşire Z trebuie să aibă valoarea binară 1 numai într-una dintre cele patru stări, vor fi necesare două variabile secundare auxiliare de ieşire, şi anume A şi B.

Notînd prin P variabila primară ataşată semnalului de intrare, rezultă următorul simbol de marcare al schemei de comutaţie:

$$F(A, B, Z) = D^{Pabz}.$$

Ţinînd seama de cerinţele schemei de comutaţie, se întocmeşte diagrama de faze din figura 11.55. Din ea, în urma codificării, rezultă

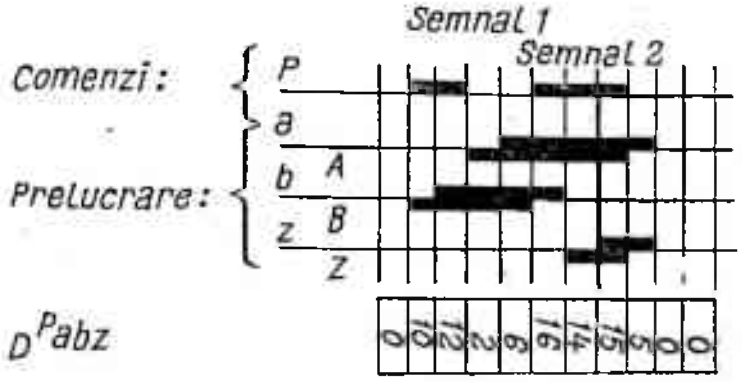


Fig. 11.55. — Diagrama de faze pentru exemplul 11.21.

următorul simbol de marcare:

$$F(A, B, Z) = D^{Pabz}\ (2, 6, 14, 15, 16, 0°, 10°, 5°, 12°),\ (2, 6, 10, 12, 0°, 5°, 14°, 15°, 16°),\ (14, 15, 0°, 2°, 5°, 6°, 10°, 12°, 16°).$$

Scanned with OKEN Scanner

Explicitat în forma sa minimală, acest simbol ne permite stabilirea următorelor funcţii logice:

— pentru A:

$$\begin{matrix}4 & 1\\ 2 & 6 & 3 & 7,\end{matrix} \qquad D\begin{matrix}Pabz\\ 0\underline{0}1\underline{0}\end{matrix} = \overline{P}b,$$

$$\begin{matrix}1 & 2\\ 14 & 15 & 16 & 17,\end{matrix} \qquad D\begin{matrix}Pabz\\ 11\underline{0}\underline{0}\end{matrix} = Pa,$$

$$\begin{matrix}1 & 10\\ 6 & 7 & 16 & 17,\end{matrix} \qquad D\begin{matrix}Pabz\\ \underline{0}11\underline{0}\end{matrix} = (ab);$$

rezultă deci

$$A = \overline{P}b \cup Pa \cup (ab);$$

— pentru B:

$$\begin{matrix}4 & 1\\ 2 & 6 & 3 & 7,\end{matrix} \qquad D\begin{matrix}Pabz\\ 0\underline{0}1\underline{0}\end{matrix} = \overline{P}b,$$

$$\begin{matrix}2 & 1\\ 10 & 12 & 11 & 13,\end{matrix} \qquad D\begin{matrix}Pabz\\ 1\underline{0}\underline{0}\underline{0}\end{matrix} = P\bar{a},$$

$$\begin{matrix}10 & 1\\ 2 & 12 & 3 & 13,\end{matrix} \qquad D\begin{matrix}Pabz\\ \underline{0}01\underline{0}\end{matrix} = (\bar{a}b);$$

rezultă deci

$$B = \overline{P}b \cup P\bar{a} \cup (\bar{a}b);$$

— pentru Z:

$$\begin{matrix}1\\ 14 & 15,\end{matrix} \qquad Z = D\begin{matrix}Pabz\\ 110\underline{0}\end{matrix} = P\bar{b}.$$

Schema echivalentă triunghiulară rezultă din

$$\Delta_A \rightarrow \left|\begin{array}{l} \overset{1}{16} / \overset{2}{17} / 14\ 15 \rightarrow Pa. \\ \overset{4}{2} / \overset{1}{6} / 3\ 7 \rightarrow Pb. \end{array}\right. \quad \Delta_A = Pa \cup Pb,$$

$$\Delta_B \rightarrow \overset{2}{10} / \overset{1}{12} / 11\ 13 \rightarrow P\bar{a}. \quad \Delta_B = P\bar{a},$$

$$\Delta_{AB} \rightarrow \overset{4}{2} / \overset{1}{6} / 3\ 7 \rightarrow \bar{P}. \quad \Delta_{AB} = \bar{P},$$

$$\Delta_{AZ} \rightarrow \overset{1}{14} / \overset{4}{15} / 10\ 11 \rightarrow \bar{b}. \quad \Delta_{AZ} = b.$$

Schema cu contacte triunghiulară este reprezentată în figura 11.56 *a*. Ea prezintă hazard de curse, determinat de contactele lui P. Eliminarea acestui hazard se presupune că se face pin reglarea timpilor de anclanşare a contactelor.

Schema modulară UNILOG este dată în figura 11.56 *b*.

Problema de sinteză de mai sus este rezolvată prin metoda matriceală în [25, p. 73—77].

Exemplul 11. 22. Să se facă sinteza unui dispozitiv indicator de sens de rotaţie care foloseşte drept traductor de sens inelul format din două secţiuni, dat în figura 11.57.

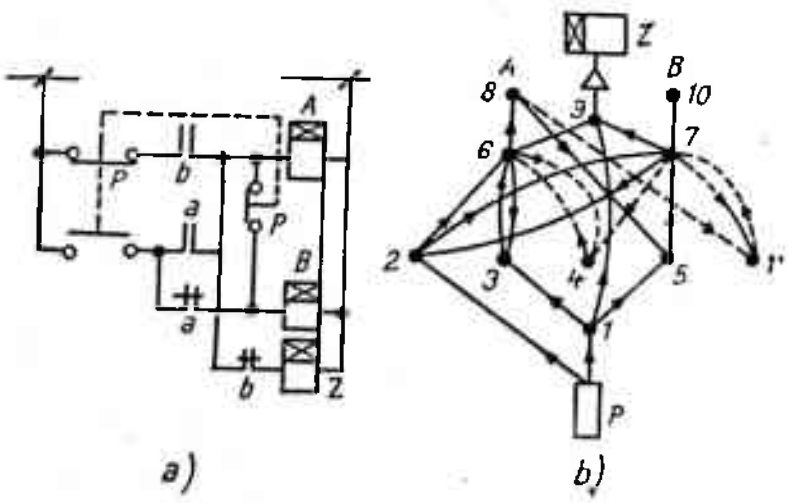


Fig. 11.56. — Circuit de selecţie a unui semnal. a) schema cu contacte b) Schema fără contacte.

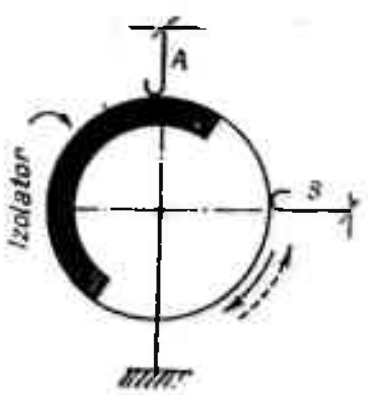


Fig. 11.57. — Traductor de sens de rotaţie.

Din analiza traductorului de sens dat în figura 11.57 rezultă că în cazul rotaţiei orare evoluţia stării variabilelor A şi B este

$$00 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 01 \rightarrow 00 \rightarrow \ldots$$

În cazul rotaţiei antiorare, această evoluţie este dată de

$$00 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 01 \rightarrow 00 \rightarrow \ldots$$

Pentru indicarea sensului de rotaţie se vor folosi două lămpi semnalizatoare, al căror circuit de alimentare este controlat de contactele celor două relee de sens D şi S. Lămpile vor fi stinse numai dacă $A = B = 0$.

Dacă axul se roteşte, din cauza trecerii prin starea (00) una dintre lămpi va pîlpîi. Frecvenţa de pîlpîire este proporţională cu turaţia axului controlat.

Pentru realizarea funcţiilor logice cerute, circuitul de comutaţie va avea drept variabile primare variabilele A şi B, asociate contactelor traductorului de sens şi drept variabile de ieşire şi secundare variabilele asociate celor două relee de sens.

Cu aceste precizări putem forma următorul raport de stare al schemei de comutaţie:

$$\frac{AB\ (ds)}{DS} = \frac{n}{DS}.$$

Stările secvenţei orare ($D = 1$) vor fi date de

$$\frac{0}{00} \rightarrow \frac{10}{10} \rightarrow \frac{12}{10} \rightarrow \frac{16}{10} \rightarrow \frac{6}{10} \rightarrow \frac{2}{00} \rightarrow \frac{0}{00} \rightarrow (10) \rightarrow \ldots,$$

iar stările secvenţei antiorare ($S = 1$) de

$$\frac{0}{00} \rightarrow \frac{4}{01} \rightarrow \frac{5}{01} \rightarrow \frac{15}{01} \rightarrow \frac{11}{01} \rightarrow \frac{1}{00} \rightarrow \frac{0}{00} \rightarrow (4) \rightarrow \ldots$$

Scanned with OKEN Scanner

Din analiza stărilor acestor secvenţe rezultă următorul simbol de marcare al schemei de comutaţie:

$$F(D, S) = D\,{}^{ABds}_{D:\,1:\,(6,\,10,\,12,\,16);\;0:\,(0,\,1,\,2,\,4,\,5,\,11,\,15),}$$
$$S:\,1:\,(4,\,5,\,11,\,15);\;0:\,(0,\,1,\,2,\,6,\,10,\,12,\,16).$$

Expresiile booleene minimale deduse din acest simbol vor fi:

— pentru

$$\begin{matrix}10 & 1\\ 6\,/\,16\,/\,7 & 17,\end{matrix} \qquad D\,{}^{ABds}_{0110} = Bd,$$

$$\begin{matrix}2 & 4\\ 10\,/\,12\,/\,14 & 16,\end{matrix} \qquad D\,{}^{ABds}_{1000} = A\bar{s};$$

rezultă deci

$$D = Bd \cup A\bar{s};$$

— pentru $F(S)$:

$$\begin{matrix}1 & 10\\ 4\,/\,5\,/\,14 & 15,\end{matrix} \qquad D\,{}^{ABds}_{0100} = B\bar{d},$$

$$\begin{matrix}2 & 4\\ 11\,/\,13\,/\,15 & 17,\end{matrix} \qquad D\,{}^{ABds}_{1001} = As;$$

rezultă deci

$$S = B\bar{d} \cup As.$$

Schemele cu şi fără contacte sînt date în figura 11.58.

Remarcăm că în cazul schemei modulare UNILOG nu mai este necesară folosirea releelor de sens dacă semnalul de ieşire dat de amplificatoare este suficient de puternic pentru alimentarea lămpilor semnalizatoare.

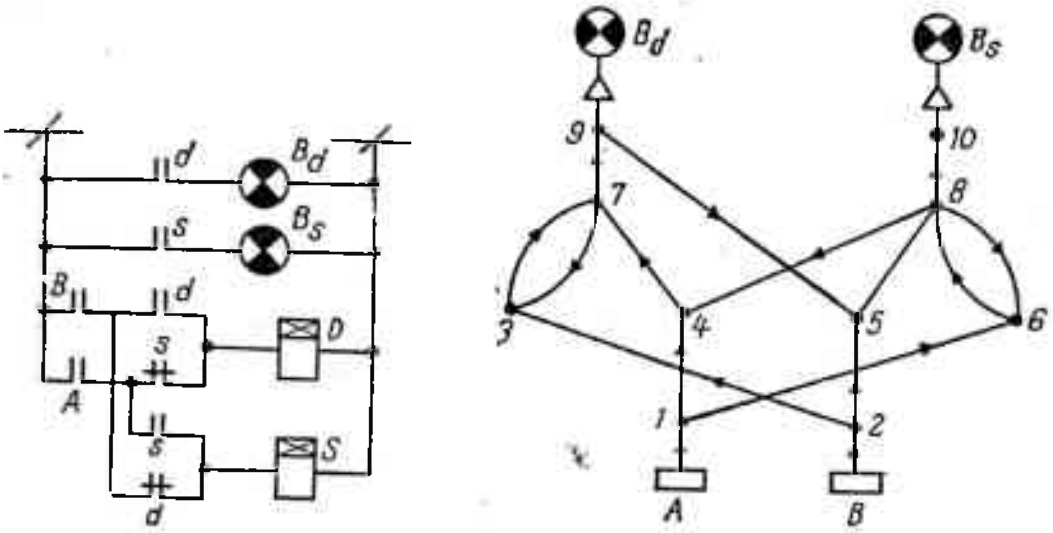


Fig. 11.58. — Indicator de sens de rotaţie.

Exemplul 11.23. Să se facă sinteza unui circuit monoimpulsor.

La intrarea unui astfel de circuit se aplică un tren de impulsuri dreptunghiulare de periadă T.

Prin apăsarea unui buton P, la ieşirea circuitului apare un semnal de aceeaşi formă şi durată cu semnalul din trenul de impulsuri aplicat la intrare.

După apăsarea pe butonul P, momentul apariţiei impulsului de la ieşire coincide cu momentul apariţiei primului impuls întreg din trenul de impulsuri aplicat la intrare.

Cele două situaţii ce se pot ivi, şi anume a) momentul apăsării lui P coincide cu o pauză şi b) momentul apăsării lui P coincide cu un impuls aplicat la intrare, sînt redate de diagrama de faze din figura 11.59.

Variabilele primare A şi P, după cum se vede din această diagramă, pot apărea în patru combinaţii, şi anume 00,01, 10 şi 11. Combinaţia (11) poate să coincidă sau nu cu apariţia semnalului de ieşire S. Pentru a discrimina aceste două situaţii este necesară folosirea a două variabile auxiliare X şi Y. Cu acestea se pot

memora stările care succedă şi precedă apăsarea lui P în cadrul secvenţei 1 şi situaţiile similare din cadrul secvenţei 2.

Simbolul de marcare al schemei va rezulta din considerarea stărilor apărute prin codificarea diagramei de faze din figura 11.59. El este

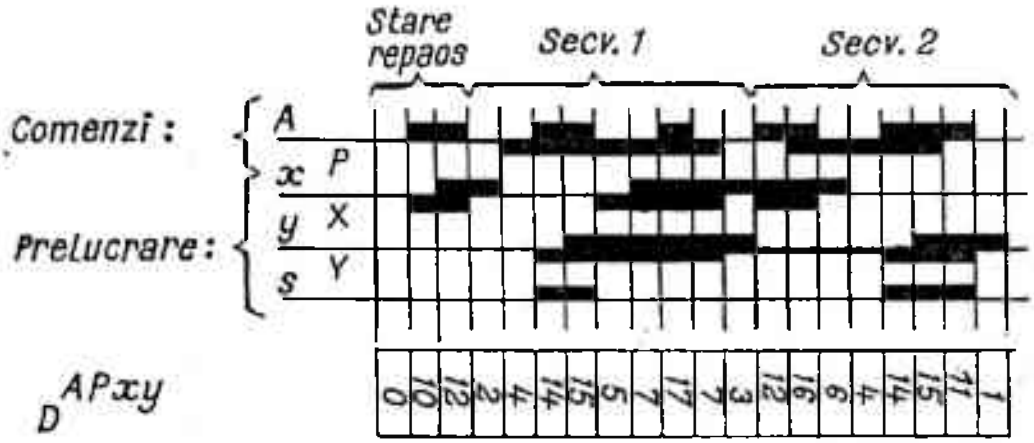


Fig. 11.59 — Diagrama de faze pentru exemplul 11.23.

$$F(X, Y, S) = D^{APxy}_{\substack{1:(5,7,10,12,16,17);\ 0:(0,1,3,4,6,11,14,15),\\ 1:(5,7,11,14,15,17);\ 0:(0,1,3,4,6,10,12,16),\\ 1:(11,14,15);\ 0:(0,1,3,4,5,6,7,10,12,16,17).}}$$

Rezultă următoarele expresii logice minimale :

— pentru X :

$$\overset{2}{5\ /\ 7} \qquad D^{APxy}_{0\,1\,\underline{0}\,1} = \overline{A}Py,$$

$$\overset{2}{10\ /\ 12} \qquad D^{APxy}_{1\,0\,\underline{0}\,0} = AP\overline{y},$$

$$\overset{1\quad 4}{16\ /\ 17\ /\ 12\ 13} \qquad D^{APxy}_{\underline{1}\,1\,1\,\underline{0}} = Ax,$$

$$\overset{10}{7\ /\ 17} \qquad D^{APxy}_{\underline{0}\,1\,1\,1} = (Pxy);$$

rezultă deci

$$X = \overline{A}Py \cup APy \cup Ax \cup (Pxy);$$

— pentru Y:

$$\begin{matrix} 2 & 10 \\ 5 & 7 & 15 & 17 \end{matrix} \qquad D\begin{matrix} APxy \\ 0101 \end{matrix} = Py,$$

$$\begin{matrix} 2 & 4 \\ 11 & 13 & 15 & 17 \end{matrix} \qquad D\begin{matrix} APxy \\ 1001 \end{matrix} = Ay,$$

$$\begin{matrix} 1 \\ 14 & 15 \end{matrix} \qquad D\begin{matrix} APxy \\ 1100 \end{matrix} = AP\bar{x};$$

rezultă deci

$$Y = y(P \cup A) \cup AP\bar{x}.$$

— pentru S:

$$\begin{matrix} 4 \\ 11 & 15 \end{matrix} \qquad D\begin{matrix} APxy \\ 1001 \end{matrix} = A\bar{x}y,$$

$$\begin{matrix} 1 \\ 14 & 15 \end{matrix} \qquad D\begin{matrix} APxy \\ 1100 \end{matrix} = AP\bar{x};$$

— rezultă deci

$$S = A\bar{x}(P \cup y).$$

Schemele de comutaţie de tipul sistetizat în acest exemplu se realizează, de regulă, numai cu elemente de comutaţie statică. Pe baza expresiilor logice obţinute s-a structurat schema din figura 11.60.

Scanned with OKEN Scanner

Problema sintezei acestei scheme prin metoda matriceală a lui Huffman [47] este dată în lucrarea [72, p. 315].

Exemplul 11.24. Să se facă sinteza blocului sumator-scăzător elementar (pentru doi biţi) dintr-un calculator electronic numeric.

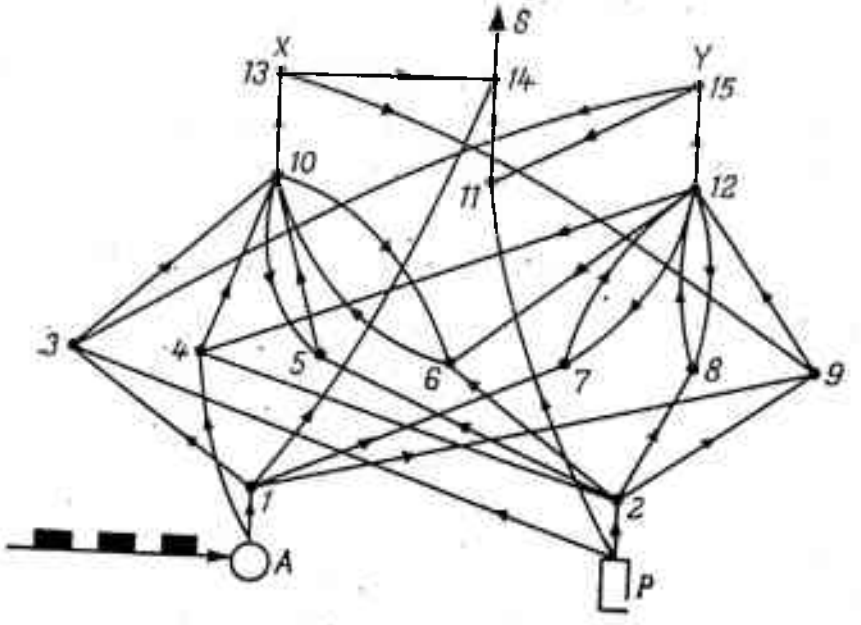


Fig. 11.60. — Schema unui circuit monoimpulsor.

Comanda de sumare sau de scădere se dă printr-un semnal D. Pentru $D = 0$, blocul efectuează sumarea biţilor aplicaţi la intrare, iar pentru $D = 1$, scăderea acestora.

Tabelul 11.1

n_k	D	a	b	t	R	T
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	0
2	0	0	1	0	1	0
3	0	0	1	1	0	1
4	0	1	0	0	1	0
5	0	1	0	1	0	1
6	0	1	1	0	0	1
7	0	1	1	1	1	1
10	1	0	0	0	0	0
11	1	0	0	1	1	1
12	1	0	1	0	1	1
13	1	0	1	1	0	1
14	1	1	0	0	1	0
15	1	1	0	1	0	0
16	1	1	1	0	0	0
17	1	1	1	1	1	1

Scanned with OKEN Scanner

Pe baza tabelei de adevăr 11.1 se stabileşte următorul simbol de marcare al blocului:

$$F(R, T) = D\,\underset{(1,2,4,7,11,12,14,17),\ (3,5,6,7,11,12,13,17).}{Dabt}$$

Alegînd calea sintezei prin grupe de numere de stare adiacente care corespund valorii binare 0 a variabilei de ieşire, se ajunge la următoarele expresii logice minimale:

$$R = \overline{\bar{a}\bar{b}\bar{t} \cup \bar{a}bt \cup a\bar{b}t \cup abt} = \overline{\bar{a}\ (b \oplus t)} \top a\,(b \oplus t) = a \oplus (b \oplus t),$$

$$T = \overline{\bar{b}\bar{t} \cup \bar{D}\bar{a}\bar{b}\ (t) \cup \bar{D}\bar{a}\ (b)\,\bar{t} \cup Da\bar{b}\ (t) \cup Da\ (b)\,\bar{t}} =$$

$$= \overline{\bar{b}\bar{t} \cup (Da \cup \bar{D}\bar{a})\ (b \oplus t)} = \overline{\bar{b}\bar{t}} \top \overline{(D \oplus a)}\,(b \oplus t).$$

Schema modulară UNILOG a blocului este dată în figura 11.61. Constatăm că pentru realizarea funcţiei logice „sau exclusiv" negate sînt necesare patru module „nici".

La ieşirea modulului 8 se obţine

$$R = \overline{\bar{a}\ \overline{(b \oplus t)}} \cdot \overline{a\ (b \oplus t)}\ [a \cup (b \oplus t)]\ [\bar{a} \cup \overline{(b \oplus t)}] =$$

$$= \bar{a}\,(b \oplus t) \cup a\,\overline{(b \oplus t)} = a \oplus (b \oplus t).$$

Rezultatul R corespunde sumei sau diferenţei modulo 2 a biţilor a şi b, precum şi transferului t, aplicat la intrarea blocului.

La ieşirea modulelor 9 şi 10 se obţin

$$\overline{D \cdot \bar{a}\ (b \oplus t)} \qquad \text{şi} \qquad \overline{D \cdot a\ (b \oplus t)},$$

astfel încît la ieşirea modulului 12 avem

$$\overline{\overline{D \cdot \bar{a}\ (b \oplus t)} \cdot \overline{D \cdot a\ (b \oplus t)}} = [D \cup \bar{a}\ (b \oplus t)]\ [D \cup a\,(b \oplus t)] =$$

$$= \bar{a}\,\bar{D}\,(b \oplus t) \cup aD\,(b \oplus t) = \overline{(a \oplus D)}\,(b \oplus t).$$

Scanned with OKEN Scanner

Transferul T apare astfel la ieșirea modulului 13. El corespunde sumei pentru cazul cînd $D = 0$ sau diferenței pentru cazul cînd $D = 1$.

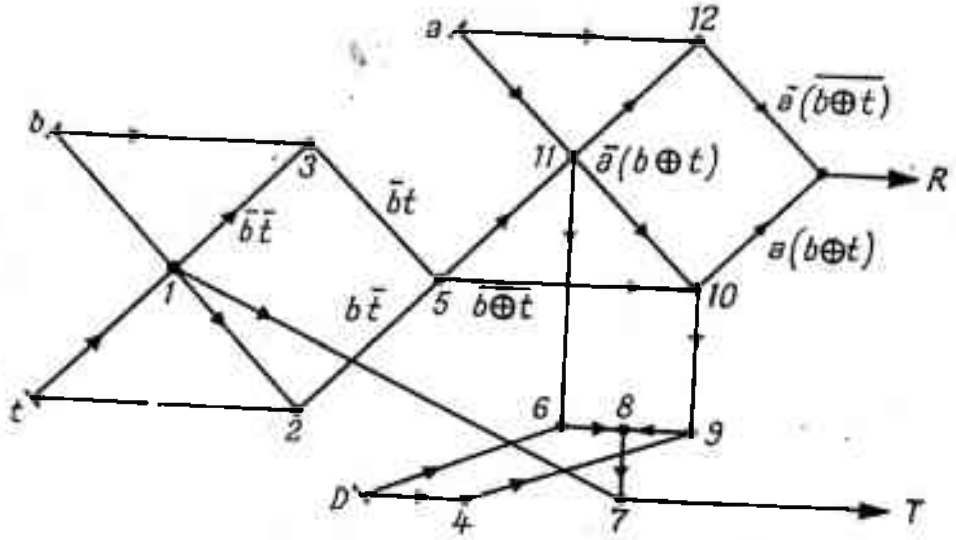


Fig. 11.61. — Bloc sumator-scăzător în execuție modulară UNILOG. D-Comandă pentru scăzător.

Exemplul 11.25. Să se facă sinteza unui element al blocului de comandă a unui element de memorie dintr-un calculator electronic numeric (fig. 11.62). Specificațiile schemei sînt:

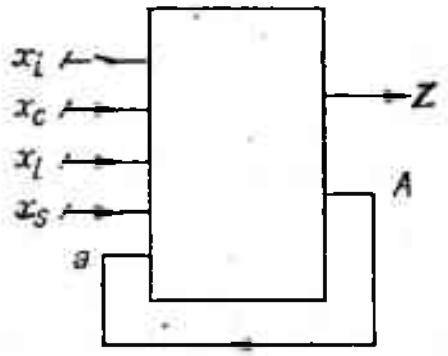


Fig. 11.62. — Element de comandă.

a) Dacă există numai una dintre mărimile de intrare: x_i, x_c, x_l sau x_s, starea schemei nu se modifică.

b) Dacă există simultan semnalul de înregistrat x_i și cel de comandă a înregistrării x_c, memoria A se înscrie și rămîne înscrisă chiar după ce $x_i = x_c = 0$.

c) Memoria A fiind înscrisă, dacă apare semnalul de lectură x_l, blocul furnizează la ieșirea Z informația memorată.

d) Memoria A fiind înscrisă, dacă apare semnalul de ştergere a memoriei x_s, memoria se şterge.

Avînd în vedere variabilele de intrare şi cele de ieşire, raportul de stare va fi

$$\frac{x_i\, x_c \cdot x_1 x_s\, a}{ZA}$$

În formă codificată, specificaţiile schemei se scriu astfel

Specificaţia a)

$$\frac{0}{0};\ \frac{20}{0};\ \frac{10}{0};\ \frac{4}{0};\ \frac{2}{0}$$

Specificaţia b)

$$0 \xrightarrow{x_i=x_c=1} \frac{30}{1} \xrightarrow{a=1} \frac{31}{1} \xrightarrow{x_i=x_c=0} \frac{1}{1}$$

Specificaţia c)

$$1 \xrightarrow{x_1=1} \frac{5}{3}$$

Specificaţia d)

$$1 \xrightarrow{x_s=1} \frac{3}{0} \xrightarrow{a=0} 2$$

Datele culese din stările codificate date mai sus ne permit structurarea următorului simbol de marcare:

$$F(Z, A) = D\,\frac{x_i\, x_c \cdot x_1\, x_s\, a}{\begin{array}{l} Z : 1 : (5)\ 0 : (0,\ 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 10,\ 20,\ 30,\ 31) \\ A : 1 : (1,\ 5,\ 30,\ 31),\ 0 : (0,\ 2,\ 3,\ 4,\ 10,\ 20) \end{array}}$$

Sinteza prin grupe de 1, ne conduce la grupările:

Pentru Z

$$20\,\frac{5}{25}\,/\,\overset{2}{7}\,/\,\overset{10}{15}\ 17 \longrightarrow \underline{00}.1\underline{01} \rightarrow x_1\, a.$$

Pentru A

$$\begin{array}{l} \quad\quad 4 \quad 10 \\ 20\ \underline{1}\ /\ 5\ /\ 11\ 15 \\ \underline{21}\ \ldots\ldots\ldots \end{array} \longrightarrow \underline{00}.\underline{001} \rightarrow \bar{x}_s\, a.$$

$$\begin{array}{l} \quad\quad 1 \quad 31 \\ 4\ \underline{30}\ /\ 2\ /\ 32\ 33 \\ \underline{34}\ \ldots\ldots\ldots\ldots \end{array} \longrightarrow 11.\underline{000} \rightarrow x_i\, x_e.$$

Rezultă deci funcțiile logice

$$Z = x_i\, a = \bar{x}_1 \top \bar{a}.$$

$$A = \bar{x}_S\, a \cup x_i\, x_e = \overline{(x_s \top \bar{a}) \top (\bar{x}_i \top \bar{x}_e)}.$$

Sinteza prin grupe de 0, ne conduce la grupările:

Pentru Z

$$\begin{array}{l} \quad\quad 1 \quad 2 \quad\ 10 \\ 20\ \underline{0}\ /\ 1\ /\ 2\ 3\ /\ 10\ 11\ 12\ 13 \\ \underline{20}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array} \longrightarrow \underline{00}.\underline{000} \rightarrow \bar{x}_1.$$

Pentru A și Z

$$\begin{array}{l} \quad\quad 2 \quad 4 \\ 10\ \underline{0}\ /\ 2\ /\ 4\ \ 6 \\ \underline{10}\ldots\ldots\ldots \end{array} \longrightarrow \underline{00}.\underline{000} \rightarrow \bar{x}_i\, \bar{a}.$$

Pentru A

$$\begin{array}{l} \quad\quad 1 \quad 4 \quad\ 10 \\ 20\ \underline{3}\ /\ 2\ /\ 7\ 6\ /\ 13\ 12\ 17\ 16 \\ \underline{23}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array} \longrightarrow \underline{00}.\underline{011} \rightarrow x_s.$$

$$\begin{array}{l} \quad 1 \quad\ 2 \quad\quad 4 \\ 20\ /\ 21\ /\ 22\ 23\ /\ 24\ 25\ 26\ 27 \end{array} \longrightarrow 10\ \underline{000} \rightarrow \bar{x}_s\, x_i.$$

Rezultă expresiile logice:

$$Z = \overline{\bar{x}_i \top \bar{x}_i \bar{a}} = \bar{x}_i \top (x_i \top a).$$

$$A = \overline{\bar{x}_i \bar{a} \cup x_s \cup \bar{x}_c x_i} = (x_i \top a) \top x_s \top (x_c \top \bar{x}_i).$$

Primul rezultat obținut corespunde unui raport de structură a schemei UNILOG dat de:

$$\frac{8 \text{ module}}{12 \text{ intrări}}$$

în timp ce al doilea rezultat, dă un raport de structură de:

$$\frac{6 \text{ module}}{11 \text{ intrări}}$$

deci mai avantajos din punct de vedere economic.

Schema modulară UNILOG, ce corespunde celei de a doua soluții este dată în figura 11.63.*a* iar cea cu elemente NU, SI, SAU, dedusă prin folosirea primei soluții, este dată în figura 11.63.b.

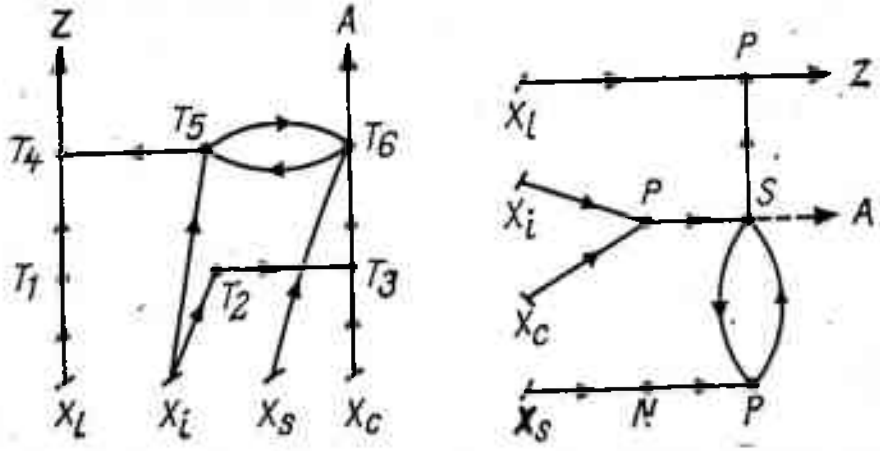


Fig. 11.63. — Schema modulară pentru exemplul 11.25. a) UNILOG, b) cu elemente *PSN*.

În schema a doua notațiile nodurilor corespund respectiv funcțiilor logice efectuate de acestea *P*-produs, *S*-sumă și *N*-negație.

Exemplul 11.26. Se cere găsirea structurii unui circuit secvențial sincron cu patru borne de intrare: $x_1x_2x_3x_4$ și o bornă de ieșire Z, la care apare semnal numai dacă semnalele de intrare s-au aplicat în ordinea: $x_1x_2x_3$.

Semnalele de intrare nu se aplică niciodată simultan. Ele se aplică sincron cu semnalele de tact.

Se impune întîi stabilirea numărului stărilor stabile ale circuitului.

Potrivit specificației din enunț se distinge starea inițială s_0, starea s_1, care succede aplicării variabilei x_1, starea s_2, care succede aplicării variabilei x_2 și starea finală s_3, care succede aplicării variabilei x_3. Pentru discriminarea celor 4 stări stabile ale circuitului sînt necesare două variabile secundare.

În cazul circuitelor sincrone, variabilele secundare se obțin prin intermediul unor memorii. Înscrierea sau ștergerea acestor memorii se face în ritmul semnalelor de tact care controlează evoluția sincronă a schemei.

Presupunem că în cazul nostru, pentru obținerea celor două variabile secundare y_1 și y_2 se folosesc două memorii (circuite basculante bistabile) avînd intrările de înscriere I_1 și I_2 și cele de ștergere S_1 și S_2.

Cu aceste precizări putem structura următorul raport de stare al circuitului:

$$\frac{x_1x_2x_3 \cdot x_4y_1y_2}{I_1S_1 \cdot I_2S_2 \cdot Z}.$$

Plecînd de la acest raport de stare, procedăm la codificarea specificațiilor schemei.

Specificația 1. Presupunem că starea inițială s_0, se caracterizează prin $y_1 = y_2 = 0$. Această stare se obține prin ștergerea celor două memorii cu ajutorul unui semnal exterior de „zero". În această stare este obligator ca: $I_1 = I_2 = 0$, valorile binare ale lui S_1 și S_2 fiind indiferente. În starea s_0, avem $Z = 0$.

Codificat, aceste informații sînt cuprinse în formă simbolică astfel:

$$\frac{0}{0x \cdot 0x \cdot 0}$$

Scanned with OKEN Scanner

Specificația 2. Trecerea circuitului din starea s_0 în starea s_1, caracterizată prin : $y_1=0$, $y_2=1$, este posibilă numai dacă $x_1=1$. Dacă $x_2=1$ sau $x_3=1$, sau $x_4=1$, starea circuitului nu se modifică.

Întrucît pentru a înscrie memoria Y_2, este necesar ca $I_2=1$ și $S_2=0$, vom putea scrie

$$\frac{40}{0x.10.0};\ \frac{20}{0x.0x.0};\ \frac{10}{0x.0x.0};\ \frac{4}{0x.0x.0}$$

Specificația 3. Trecerea circuitului din starea s_1 în starea s_2, caracterizată prin $y_1=y_2=1$, este posibilă numai dacă $x_2=1$. Aceasta se exprimă codificat astfel

$$\frac{21}{10.x0.0}$$

După ce $y_2=1$, valoarea binară a lui I_2 este indiferentă, întrucît memoria a fost înscrisă. În schimb însă, obligator este necesar ca $S_2=0$.

Dacă în starea s_1, apare $x_1=1$, starea circuitului nu se modifică, iar dacă apare $x_3=1$ sau $x_4=1$, circuitul trece în starea s_0. Codificat aceasta se exprimă astfel

$$\frac{41}{0x.x0.0};\ \frac{11}{0x.01.0};\ \frac{5}{0x.01.0}.$$

Specificația 4. Trecerea circuitului din starea s_2 în starea finală s_3, caracterizată prin : $y_1=1$, $y_2=0$ și $Z=1$, este posibilă numai dacă $x_3=1$.

Dacă în starea s_2, apare $x_1=1$, circuitul trece în starea s_1 iar dacă apare $x_2=1$ sau $x_4=1$, el revine în starea s_0. Codificat, aceasta se exprimă astfel

$$\frac{43}{01.x0.0};\ \frac{23}{01.01.0};\ \frac{13}{x0.01.0};\ \frac{4}{01.01.0}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Specificația 5. Dacă în starea s_3 apare $x_1 = 1$ sau $x_2 = 1$ sau $x_3 = 1$ sau $x_4 = 1$, starea circuitului nu se mai modifică și $Z = 1$. El poate fi readus în starea s_0 numai printr-un semnal aplicat pe intrarea „zero".

Codificat, aceasta se exprimă astfel

$$\frac{42}{x0.0x.1}; \frac{22}{x0.0x.1}; \frac{12}{x0.0x.1}; \frac{6}{x0.0x.1}.$$

Folosind informațiile cuprinse în stările codificate mai sus, stabilim următorul simbol de marcare al circuitului

$$F(I_1, S_1, I_2, S_2, Z) = D \begin{matrix} x_1x_2x_3.x_4y_1y_2 \\ I_1 : 1(21)\,0 : (0, 4, 5, 7, 10, 11, 20, 23, 40, 41, 43) \\ S_1 : 1 : (7, 23, 43)\,0 : (6, 12, 13, 21, 22, 42) \\ I_2 : 1 : (40)\,0 : (0, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 20, \\ \qquad 22, 23, 42) \\ S_2 : 1 : (5, 7, 11, 13, 23)\,0 : (21, 40, 41, 43) \\ Z : 1 : (6, 12, 22, 42)\,0 : 4, 5, 7, 10, 11, 13, 20, 21, \\ \qquad 23, 40, 41, 43) \end{matrix}$$

Pentru cele 5 funcții logice ale schemei se pot forma următoarele grupări de numere de stare adiacente, care corespund valorilor binare 1 ale variabilelor de ieșire:

Pentru I_1

$$\begin{matrix} & 4 & 10 & & 40 \\ 21 & / & 25 & / & 31\ 35 & / & 61\ 65\ 71\ 75 \end{matrix} \longrightarrow \underline{010}.\underline{001} \rightarrow x_2\bar{y}_1y_2.$$

Pentru S_1

$$\begin{matrix} & 4 & 20 & & 40 \\ 7 & / & 3 & / & 27\ 23 & / & 47\ 43\ 67\ 63 \end{matrix} \longrightarrow \underline{000}.\underline{111} \rightarrow \bar{x}_3y_1y_2.$$

Pentru I_2

$$\begin{matrix} & & 1 & & 4 & & 10 \\ 20 & \frac{40}{60} & / & 41 & / & 44\ 45 & / & 50\ 51\ 54\ 55 \end{matrix} \longrightarrow \underline{100}.\underline{000} \rightarrow x_1\bar{y}_1.$$

. . . . . .

Pentru S_2

$$\begin{array}{l} \overset{}{}\ \overset{2}{}\ \overset{4}{}\ \overset{10}{} \\ 1\ \underline{5}\ /\ 7\ /\ 13\ /\ 15\ 17\ 11\ 13 \\ \quad\ \underline{4}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array} \longrightarrow 000.\underline{101} \rightarrow \bar{x}_1\bar{x}_2.$$

$$\begin{array}{l} \overset{}{}\ \overset{1}{}\ \overset{4}{}\ \overset{10}{} \\ 20\ \underline{23}\ /\ 22\ /\ 27\ 26\ /\ 33\ 32\ 37\ 36 \\ \quad\ \underline{2}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array} \longrightarrow \underline{010}.011 \rightarrow \bar{x}_1 y_1.$$

Pentru Z

$$\begin{array}{l} \overset{}{}\ \overset{4}{}\ \overset{10}{}\ \overset{20}{} \\ 40\ \underline{6}\ /\ 2\ /\ 16\ 12\ /\ 26\ 22\ 36\ 32 \\ \quad\ \underline{46}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array} \longrightarrow \underline{000}.110 \rightarrow y_1\bar{y}_2.$$

Rezultă deci următoarele funcţii logice

$$I_1 = x_2\bar{y}_1 y_2. \qquad I_2 = x_1\bar{y}_1.$$

$$Z = y_1 y_2.$$

$$S_1 = \bar{x}_2 y_1 y_2. \qquad S_2 = \bar{x}_1(\bar{x}_2 \cup \bar{y}_1)$$

Observaţie. Pînă acum, de regulă, ordinea luării în considerare a diferenţelor de adiacenţă pentru formarea grupelor de numere de stare adiacente era cea progresiv crescătoare. Aşa s-a procedat şi la rezolvarea problemei de mai sus.

Se poate totuşi stabili şi o altă ordine de considerare a diferenţelor de adiacenţă în funcţie de scopul urmărit. În acest sens, se calculează în prealabil numărul total de biţi 1 ce revin numerelor de stare permise respectiv celor interzise pentru valoarea 1 a variabilei de ieşire.

Spre exemplu, pentru S_2 găsim pentru numerele de stare permise :

5 biţi 1 ce corespund diferenţei de adiacenţă 1,
3 „ 2,
2 „ 4,
2 „ 10,
1 bit 1 ce corespunde diferenţei de adiacenţă 20.

Pentru numerele de stare interzise găsim :

3 biţi 1 ce corespund diferenţei de adiacenţă 1,
3 ,, 40,
1 bit 1 ce corespunde diferenţei de adiacenţă 2,
1 bit 1 care corespunde diferenţei de adiacenţă 20.

Dacă folosim diferenţele de adiacenţă în ordinea descrescătoare a numărului de biţi 1 conţinuţi de numerele de stare permise, atunci numerele de stare permise se vor cuprinde într-un număr minim de grupări.

Dacă folosim diferenţele de adiacenţă în ordinea descrescătoare a numărului de biţi 1 a numerelor de stare interzise, numerele de stare permise se vor cuprinde în grupe avînd un număr maxim de numere de stare.

Cele două cazuri corespund respectiv scopului obţinerii unui număr minim de implicanţi primi sau scopului obţinerii unui număr minim de variabile continuate de implicanţii primi ai expresiei logice minimale.

Pentru S_2, se obţine în primul caz formula

$$S_2 = \bar{x}_1\bar{x}_2 \cup \bar{x}_1 y_1.$$

În cazul al doilea, dînd prioritate folosirii diferenţelor de adiacenţă în ordinea : 1, 40, 2, 20,... se obţin grupările

$$\begin{array}{rl} & \begin{array}{cccccccc} 1 & & 40 & & & 2 & & \\ 5 & / & 4 & / & 45 & 44 & / & 7 \quad 6 \quad 47 \quad 46 \end{array} \\ 20 & \underline{25} \\ 10 & \underline{15} \\ & 35 \end{array} \quad \rightarrow \underline{000}.\underline{110} \rightarrow x_4.$$

$$\begin{array}{rl} & \begin{array}{cccccccc} 1 & & 40 & & & 2 & & \\ 11 & / & 10 & / & 51 & 50 & / & 13 \quad 12 \quad 53 \quad 52 \end{array} \\ 20 & \underline{31} \\ 4 & \underline{15} \\ & 35 \end{array} \quad \rightarrow \underline{010}.\underline{011} \rightarrow x_2 y_1.$$

Se obţine pe această cale formula minimală

$$S_2 = x_2 y_1 \cup x_3 \cup x_4,$$

formulă care este dată şi în lucrarea [91].

Schema de comutaţie statică, care corespunde expresiilor logice obţinute, este dată în figura 11.64.

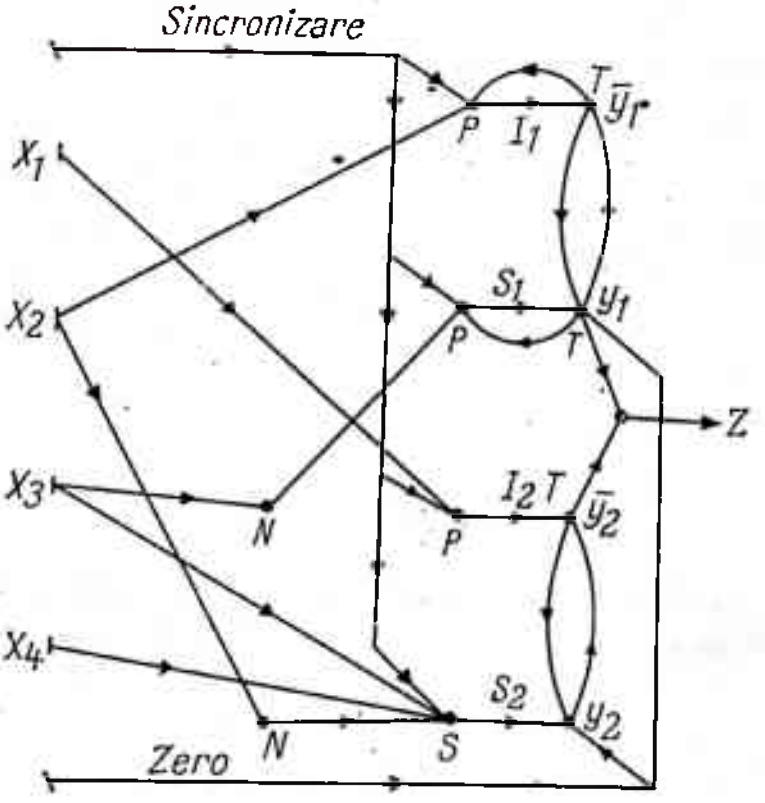


Fig. 11.64. — Schema aferentă exemplului 11.27.

Notaţiile nodurilor corespund respectiv cu operaţiile logice *P*-produs, *S*-sumă şi *N*-negaţie, *T*-operaţie NICI.

Funcţionarea sincronă a schemei este asigurată prin impulsurile de tact ce vin prin conductorul „sincronizare". Aceste impulsuri deschid porţile *SI* prin care se aplică semnalele de înscriere sau de ştergere a celor două memorii.

Exemplul 11.28. Ne propunem să facem sinteza numărătorului în cod binar.

Dacă la intrarea unui circuit de comutaţie se aplică un semnal x avînd forma de impulsuri dreptunghiulare separate prin pauze, la ieşirile acestuia $Y_1, Y_2, \ldots Y_n$, se memorează numărul binar egal cu numărul impulsurilor aplicate la intrare.

Se cere să găsim expresiile logice ale variabilelor de înscriere a celor n memorii formate din circuite basculante bistabile cu o singură intrare.

Se are în vedere faptul că bascularea circuitelor poate avea loc numai în momentul cînd semnalul aplicat la intrarea unică a memoriei variază de la 1 la 0.

Considerăm mai întîi cazul cînd $n = 3$.

Avînd în vedere datele enunţului problemei de sinteză, structurăm următorul raport de stare al schemei de comutaţie

$$\frac{x \cdot y_1 y_2 y_3}{Y_1 Y_2 Y_3}.$$

Dacă în starea 0/0, apare $x = 1$, se trece în starea 10/1 prin care este pregătită bascularea memoriei Y_1, basculare ce are loc atunci cînd $x = 0$ şi se trece în starea 1/2, prin care este pregătită bascularea memoriei Y_2.

Codificat, această secvenţă de lucru se scrie astfel

$$\frac{0}{0} \xrightarrow{x=1} \frac{10}{1} \xrightarrow{x=0} \frac{1}{2}.$$

Dacă în starea 1/2, apare $x = 1$, se trece în starea 11/3, prin care sînt pregătite pentru basculare memoriile Y_1 şi Y_2, fapt ce are loc atunci cînd $x = 0$ şi se trece în starea 2/4, prin care este pregătită bascularea memoriei Y_3.

Codificat, stările secvenţei se succed astfel

$$1 \xrightarrow{x=1} \frac{11}{3} \xrightarrow{x=0} \frac{2}{4}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Raţionamente similare ne conduc la stabilirea următoarelor stări ale secvenţei de lucru, date de :

$$2 \xrightarrow{x=1} \frac{12}{5} \xrightarrow{x=0} \frac{3}{6} \xrightarrow{x=1} \frac{13}{7} \xrightarrow{x=0} \frac{4}{0} \xrightarrow{x=1} \frac{14}{1} \xrightarrow{x=0} \frac{5}{2} \xrightarrow{x=1} \frac{15}{3}$$

$$\xrightarrow{x=0} \frac{6}{4} \xrightarrow{x=1} \frac{16}{5} \xrightarrow{x=0} \frac{7}{6} \xrightarrow{x=1} \frac{17}{7} \xrightarrow{x=0} 0.$$

Analiza stărilor acestei secvenţe ne permite structurarea următorului simbol de marcare

$$F(Y_1, Y_2, Y_3) = D^{x \cdot y_1 y_2 y_3}_{(2,3,6,7,12,13,16,17),\ (1,3,5,7,11,13,15,17),\ (10,11,12,13,14,15,16,17).}$$

Funcţiile logice ale celor trei variabile de înscriere a memoriilor, rezultă din grupările :

Pentru Y_1

$$\begin{array}{l} \ 1\ \ 4\ \ \ 10 \\ 2\ /\ 3\ /\ 6\ \ 7\ /\ 12\ \ 13\ \ 16\ \ 17 \end{array} \qquad \rightarrow \underline{0.010} \rightarrow y_2.$$

Pentru Y_2

$$\begin{array}{l} \ 2\ \ 4\ \ \ 10 \\ 1\ /\ 3\ /\ 5\ \ 7\ /\ 11\ \ 13\ \ 15\ \ 17 \end{array} \qquad \rightarrow \underline{0.001} \rightarrow y_1.$$

Pentru Y_3

$$\begin{array}{l} \ 1\ \ \ 2\ \ \ \ \ 4 \\ 10\ /\ 11\ /\ 12\ \ 13\ /\ 14\ \ 15\ \ 16\ \ 17 \end{array} \rightarrow \underline{1.000} \rightarrow x.$$

Rezultă deci în general

$$Y_k = y_{k-1} \qquad \text{şi} \qquad Y_n = x.$$
$$(k = 1,2, \ldots, n-1)$$

Aceste formule permit structurarea schemei numărătorului binar, dată în figura 11.65.

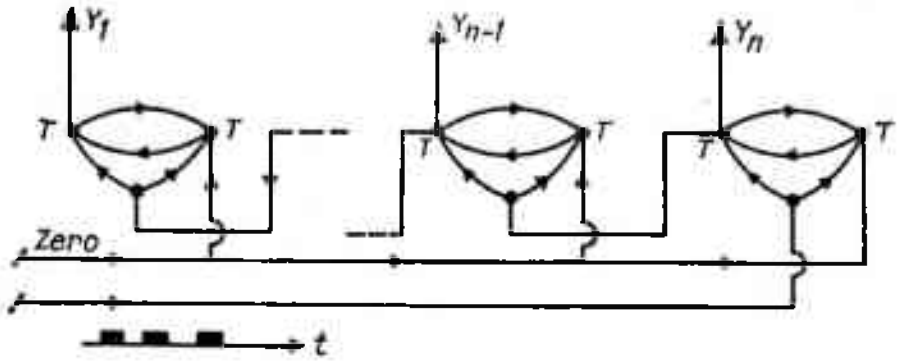


Fig. 11.65. — Schema numărătorului binar.

Exemplul 11.29. Ne propunem să facem sinteza unui numărător de 7 în cod Gray, care revine în starea iniţială după 7 impulsuri aplicate la intrare.

Codul Gray este acel cod binar la care trecerea de la un număr la numărul următor nu modifică decît valoarea binară a unui singur bit al codului. Acest cod este folosit mai ales la convertoarele analog-numerice, întrucît elimină pericolul apariţiei fenomenelor de hazard la comutarea simultană a valorilor binare a mai multor variabile.

Pentru a stabili raportul de stare este necesar să facem bilanţul stărilor necesare ale acestuia. Astfel, pentru discriminarea unui impuls din şirul de impulsuri sînt necesare trei stări : o stare anterioară aplicării impulsului, o stare ce succede aplicării acestuia şi o stare pe durata existenţei acestui impuls. Întrucît starea ce succede aplicării unui impuls coincide cu starea ce precede impulsul următor, pentru N impulsuri, vor fi necesare $2N+1$ stări.

În cazul nostru, $N = 7$ şi vor fi deci necesare 4 memorii pentru memorarea celor $2.7 + 1 = 15$ stări. Rezultă deci următorul raport de stare :

$$\frac{xy_1 \cdot y_2y_3y_4}{I_1S_1 \cdot I_2S_2 \cdot I_3S_3 \cdot I_4S_4}$$

unde, prin I_k, s-au notat variabilele de înscriere a memoriilor Y_k iar prin S_k, cele de ştergere a lor.

Alegem următorul cod cu 4 biți reprezentativi :

0, 4, 14, 10, 11, 15, 5, 1, 3, 7, 17, 13, 12, 16, 6, 2.

Plecînd de la raportul de stare și avînd în vedere codul progresiv adoptat (la care se observă că numerele se succed în șir în așa fel încît diferă între ele doar prin valoarea unui bit) se stabilește ușor următoarea secvență de lucru a numărătorului :

Primul impuls

$$\frac{0}{0x.0x.0x.0x} \xrightarrow{x=1} \frac{20}{0x.10.0x.0x} \xrightarrow{v_2=1} \frac{24}{0x.x0.0x.0x} \xrightarrow{x=1}$$

$$\frac{4}{10.x0.0x.0x} \xrightarrow{v_1=1} \frac{14}{x0.x0.0x.0x}.$$

Al doilea impuls

$$14 \xrightarrow{x=1} \frac{34}{x0.01.0x.0x} \xrightarrow{v_2=1} \frac{30}{x0.0x.0x.0x} \xrightarrow{x=0} \frac{10}{x0.0x.0x.10}$$

$$\xrightarrow{v_0=1} \frac{11}{x0.0x.0x.x0}.$$

Al treilea impuls

$$11 \xrightarrow{x=1} \frac{31}{x0.10.0x.x0} \xrightarrow{v_2=1} \frac{35}{x0.x0.0x.x0} \xrightarrow{x=0} \frac{15}{01.x0.0x.x0}$$

$$\xrightarrow{v_1=0} \frac{5}{0x.x0.0x.x0}.$$

Al 4-lea impuls

$$5 \xrightarrow{x=1} \frac{25}{0x.01.0x.x0} \xrightarrow{y_2=0} \frac{21}{0x.0x.0x.x0} \xrightarrow{x=0} \frac{1}{0x.0x.10.x0}$$

$$\xrightarrow{y_1=1} \frac{3}{0x.0x.x0.x0}.$$

Al 5-lea impuls

$$3 \xrightarrow{x=1} \frac{23}{0x.10.x0.x0} \xrightarrow{y_2=1} \frac{27}{0x.x0.x0.x0} \xrightarrow{x=0} \frac{7}{10.x0.x0.x0}$$

$$\xrightarrow{y_1=1} \frac{17}{x0.x0.x0.x0}.$$

Al 6-lea impuls

$$17 \xrightarrow{x=1} \frac{37}{x0.01.x0.x0} \xrightarrow{y_2=0} \frac{33}{x0.0x.x0.x0} \xrightarrow{x=0} \frac{13}{x0.0x.x0.01}$$

$$\xrightarrow{y_1=0} \frac{12}{x0.0x.x0.0x}.$$

Al 7-lea impuls

$$12 \xrightarrow{x=1} \frac{32}{x0.10.x0.0x} \xrightarrow{y_2=1} \frac{36}{x0.x0.x0.0x} \xrightarrow{x=0} \frac{16}{01.x0.x0.0x}$$

$$\xrightarrow{y_1=0} \frac{6}{0x.x0.x0.0x}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Al 8-lea impuls

$$6 \xrightarrow{x=1} \frac{26}{0x.01.x0.0x} \xrightarrow{y_2=0} \frac{22}{0x.0x.x0.0x} \xrightarrow{x=0} \frac{2}{0x.0x.01.0x} \xrightarrow{y_3=0} 0.$$

Stările acestei secvențe ne permit să structurăm următorul simbol de marcare:

$$F(I_1, S_1, I_2, S_2, I_3, S_3, I_4, S_4) = D^{xy_1 \cdot y_2y_3y_4}$$

I_1 : 1(4, 7), 0 : (0, 1, 2, 3, 5, 6, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27)

S_1 : 1 : (15, 16) 0 : (4, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37)

I_2 : 1 : (20, 23, 31, 32) 0 : (0, 1, 2, 3, 10, 11, 12, 13, 21, 22, 25, 26, 30, 33, 34, 37)

S_2 : 1 : (25, 26, 34, 37) 0 : (4, 5, 6, 7, 14, 15, 16, 17, 20, 23, 24, 27, 31, 32, 36)

I_3 : 1 : (1) 0 : (0, 2, 4, 5, 10, 11, 14, 15, 20, 21, 24, 25, 30, 31, 34, 35)

S_3 : 1 : (2) 0 : (1, 3, 6, 7, 12, 13, 16, 17, 22, 23, 26, 27, 32, 33, 36, 37)

I_4 : 1 : (10) 0 : (0, 2, 4, 6, 12, 13, 14, 16, 20, 22, 24, 26, 30, 32, 34, 36)

S_4 : 1 : (13) 0 : (1, 3, 5, 7, 10, 11, 15, 17, 21, 23, 25, 27, 31, 33, 35, 37)

Expresiile logice minimale care corespund variabilelor definite prin acest simbol, rezultă din:

Pentru I_1

$$4 \;/\; \overset{10}{14} \rightarrow 00.\underline{10}0 \rightarrow \bar{x}y_2\bar{y}_3\bar{y}_4.$$

$$7 \;/\; \overset{10}{17} \rightarrow 00.\underline{11}1 \rightarrow \bar{x}y_2y_3y_4.$$

$$I_1 = \bar{x}y_2(\bar{y}_3\bar{y}_4 \cup y_3y_4)$$

Pentru S_1

$$15 \overset{10}{/} 5 \rightarrow 01.101 \rightarrow \bar{x}y_2\bar{y}_3y_4.$$

$$16 \overset{10}{/} 6 \rightarrow 01.110 \rightarrow \bar{x}y_2y_3\bar{y}_4.$$

$$S_2 = \bar{x}y_2(\bar{y}_3y_4 \cup y_3\bar{y}_4).$$

Pentru I_2

$$20 \overset{4}{/} 24 \overset{20}{/} 0\ 4 \rightarrow 10.000 \rightarrow \bar{y}_1\bar{y}_3\bar{y}_4.$$

$$23 \overset{4}{/} 27 \rightarrow 10.011 \rightarrow x\bar{y}_1y_3y_4.$$

$$31 \overset{4}{/} 35 \rightarrow 11.001 \rightarrow xy_1\bar{y}_3y_4.$$

$$32 \overset{4}{/} 36 \rightarrow 11.010 \rightarrow xy_1y_3\bar{y}_4.$$

$$I_2 = \bar{y}_1\bar{y}_3\bar{y}_4 \cup x\,(\bar{y}_1y_3y_4 \cup y_1\bar{y}_3y_4 \cup y_1y_3\bar{y}_4).$$

Pentru S_2

$$25 \overset{4}{/} 21 \rightarrow 10.101 \rightarrow x\bar{y}_1\bar{y}_3y_4.$$

$$26 \overset{4}{/} 22 \rightarrow 10.110 \rightarrow x\bar{y}_1y_3\bar{y}_4.$$

$$34 \overset{1}{/} 35 \rightarrow 11.101 \rightarrow xy_1y_2\bar{y}_3.$$

Scanned with OKEN Scanner

$$37 \overset{2}{/} 35 \qquad \rightarrow 11.\underline{1}11 \rightarrow x y_1 y_2 y_4.$$

$$S_2 = x(\bar{y}_1\bar{y}_3 y_4 \cup \bar{y}_1 y_3 \bar{y}_4 \cup y_1 y_2 \bar{y}_3 \cup y_1 y_2 y_4).$$

Pentru I_3

$$1 \overset{2}{/} 3 \quad \rightarrow 00.0\underline{0}1 \rightarrow I_3 = \bar{x}\bar{y}_1\bar{y}_2 y_4.$$

Pentru S_3

$$2 \overset{2}{/} 0 \quad \rightarrow 00.0\underline{1}0 \rightarrow S_3 = \bar{x}\bar{y}_1\bar{y}_2\bar{y}_4.$$

Pentru I_4

$$10 \overset{1}{/} 11 \rightarrow 01.00\underline{0} \rightarrow I_4 = \bar{x} y_1\bar{y}_3\bar{y}_2.$$

Pentru S_4

$$13 \overset{1}{/} 12 \rightarrow 01.00\underline{1} \rightarrow S_4 = \bar{x} y_1\bar{y}_2 y_3.$$

Expresiile logice găsite permit structurarea schemei numărătorului de 7.

Exemplul 11.30. Să se facă sinteza schemei unei celule dintr-un registru de deplasare prevăzută cu două borne de intrare şi o bornă de ieşire.

La intrarea x se aplică semnalul ce vine de la celula precedentă, semnal ce urmează a fi elaborat la ieşirea Z în tactul următor.

La intrarea t, se aplică impulsurile de tact care determină deplasarea în registru.

Semnalul de ieşire reproduce după un tact semnalul aplicat la intrarea x.

Problema a fost inspirată din lucrarea [91 p. 405].

Scanned with OKEN Scanner

Circuitul elementar al registrului de deplasare este caracterizat prin următoarele stări : starea iniţială, starea care succede aplicării primului semnal de tact în prezenţa semnalului x, starea care succede aplicării celui de al doilea semnal în prezenţa sau în absenţa semnalului x şi starea ce succede dispariţiei celui de al doilea semnal de tact.

Pentru memorarea acestor patru stări sînt necesare două variabile secundare, astfel încît putem structura următorul raport de stare :

$$\frac{t \cdot xy_1y_2}{ZY_1Y_2}.$$

Presupunem că semnalul x se aplică fie la începutul semnalului de tact, fie pe durata acestui semnal. În acest caz, schema trece prin stările

$$\frac{0}{0} \xrightarrow{t=1} \frac{10}{0} \xrightarrow{x=1} \frac{14}{0} \xrightarrow{t=0} \frac{4}{2} \xrightarrow{y_1=1} \frac{6}{2}.$$

Dacă semnalul x nu dispare decît după apariţia celui de-al doilea semnal de tact, atunci schema trece prin stările :

$$6 \xrightarrow{t=1} \frac{16}{3} \xrightarrow{y_2=1} \frac{17}{7} \xrightarrow{x=0} \frac{13}{7} \xrightarrow{t=0} \frac{3}{5} \xrightarrow{y_1=0} \frac{1}{5}.$$

O dată cu apariţia celui de-al treilea tact, schema revine în starea iniţială, astfel încît putem scrie :

$$1 \xrightarrow{t=1} \frac{11}{4} \xrightarrow{y_2=0} 10.$$

Stările definite prin secvenţa de mai sus permit structurarea următorului simbol de marcare :

$$F(Z, Y_1, Y_2) = D_{Z:1:(1,3,11,13,17)\,0:(0,4,6,10,14,16)\ Y_1:1:(4,6,13,16,17)\,0:(0,1,3,10,11,14)\ Y_2:1(1,3,12,16,17)\,0:(0,4,6,10,11,14).}^{t \cdot xy_1y_2}$$

Urmărind structurarea unei scheme modulare UNILOG, vom folosi metoda de minimizare prin grupe de 0. Astfel, din simbolul de marcare dedus rezultă :

Pentru Z

$$\begin{matrix} & 2 & 4 & & 10 & & & \\ 0 & / & 2 & / & 4 & 6 & / & 10 & 12 & 14 & 16 \end{matrix} \rightarrow \underline{0.000} \rightarrow \overline{y}_2.$$

Pentru Y_1

$$\begin{matrix} & 1 & 2 \\ 0 & / & 1 & / & 2 & 3 \end{matrix} \rightarrow 0.\underline{000} \rightarrow \overline{t}\overline{x}.$$

Pentru Y_1 *și* Y_2

$$\begin{matrix} & 1 & 4 \\ 10 & / & 11 & / & 14 & 15 \end{matrix} \rightarrow 1.\underline{00}\underline{0} \rightarrow \overline{t}\overline{y}_1.$$

Pentru Y_2

$$\begin{matrix} & 2 & 4 \\ 4 & / & 6 & / & 0 & 2 \end{matrix} \rightarrow 0.1\underline{00} \rightarrow \overline{t}\overline{y}_2.$$

Pentru eliminarea hazardului de comutație se mai impune formarea unor grupe care să conțină cel puțin cîte un număr de stare comun grupărilor care caracterizează fiecare dintre variabilele de ieșire.

Se aleg grupările :

Pentru Y_1

$$\begin{matrix} & 10 & & 1 \\ 0 & / & 10 & / & 1 & 11 \end{matrix} \rightarrow \underline{0.000} \rightarrow (\overline{x}\overline{y}_1)$$

Pentru Y_2

$$\begin{matrix} & 10 & & 4 \\ 0 & / & 10 & / & 4 & 14 \end{matrix} \rightarrow \underline{0.000} \rightarrow (\overline{y}_1\overline{y}_2).$$

Scanned with OKEN Scanner

Se obțin *astfel expresiile* logice minimale:

$$Z = y_2;\quad Y_1 = \overline{t\bar{y}_1 \cup \bar{t}\bar{x} \cup (\bar{x}\bar{y}_1)} = (\bar{t} \top y_1) \top (t \top x) \top (x \top y_1).$$

$$Y_2 = \overline{t\bar{y}_1 \cup \bar{t}\bar{y}_2 \cup (\bar{y}_1\bar{y}_2)} = (\bar{t} \top y_1) \top (t \top y_2) \top (y_1 \top y_2).$$

Schema modulară UNILOG care corespunde acestor formule este dată în figura 11.66.

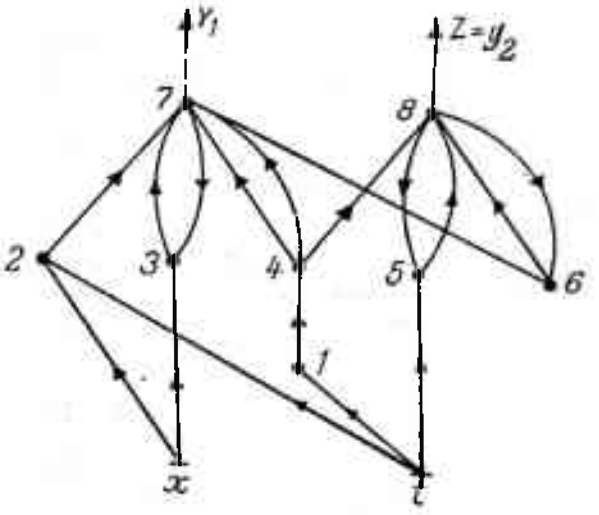


Fig. 11.66. — Element dintr-un registru de deplasare.

Exemplul 11.31. Ne propunem să facem sinteza unui generator de tacte, adică a unui dispozitiv cu ajutorul căruia se obține un tren de impulsuri dreptunghiulare echidistante, la care durata semnalului și a pauzei este constantă în timp (fig. 11.67).

Se presupune că pentru măsurarea duratelor τ_1 și τ_2 se dispune de un modul „TIMP", care funcționează după diagrama dată în figura 11.68.

Fig. 11.67. — Ciclograma generatorului de tacte.

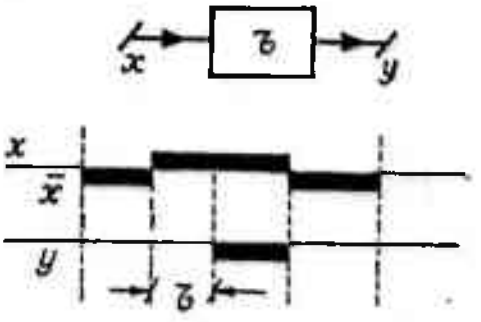


Fig. 11.68. — Diagrama elementului TIMP.

Considerînd P, butonul de comandă a pornirii generatorului de tacte, T_1 și T_2 cele două variabile de ieșire atașate elementelor „TIMP" folosite și E, variabila de ieșire, se structurează raportul de stare

$$\frac{ab \cdot t_1 t_2 P}{EA \cdot BT_1T_2}.$$

Variabilele auxiliare A și B au fost introduse pentru memorarea stărilor schemei pe durata existenței și lipsei semnalului de ieșire.

În formă codificată, secvența de lucru a generatorului de tacte se scrie astfel:

$$\frac{0}{0} \xrightarrow{P=1} \frac{1}{10} \xrightarrow{a=1} \frac{21}{32} \xrightarrow{P=0} \frac{20}{32} \xrightarrow{t_1=1} \frac{24}{37} \xrightarrow{b=1} \frac{34}{15} \xrightarrow{t_1=0} \frac{30}{15} \xrightarrow{t_2=1} \frac{32}{11}$$

$$\xrightarrow{b=0} \frac{22}{32} \xrightarrow{t_2=0} 20 \ldots$$

Analiza acestei secvențe ne conduce la structurarea simbolului de marcare:

$$F(E, A, B, T_1, T_2) = D^{ab \cdot t_1 t_2 P}$$

E : 1 : (20, 21, 22, 24) 0 : (0, 1, 30 32, 34)
A : 1 : (1, 20, 21, 22, 24, 30, 32, 34) 0 : (0)
B : 1 : (24, 30, 34) 0 : (0, 1, 20, 21, 22, 32)
T_1 : 1 : (20, 21, 22, 24) 0 : (0, 1, 30, 32, 34)
T_2 : 1 (24, 30, 32, 34) 0 : (0, 1, 20 21, 22)

Rezultă expresiile logice minimale:

Pentru E

$$\begin{array}{c} 1 \quad 2 \qquad 4 \\ 20 \,/\, 21 \,/\, 22\ 23 \,/\, 24\ 25\ 26\ 27 \rightarrow 10.\underline{000} \end{array}$$

$$E = a\bar{b}.$$

Pentru A

$$20\begin{matrix}1\\21\end{matrix}\Big/\ 3\ \Big/\ 5\ \ 7\ \Big/\ 11\ 13\ 15\ 17 \qquad \begin{matrix}2\\.\end{matrix}\quad\begin{matrix}4\\.\end{matrix}\quad\begin{matrix}10\\.\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\end{matrix} \rightarrow \underline{00}.\underline{001} \rightarrow P$$

$$20\begin{matrix}20\\30\end{matrix}\Big/\ 21\ \Big/\ 22\ 23\ \Big/\ 24\ 25\ 26\ 27 \qquad \begin{matrix}1\\.\end{matrix}\quad\begin{matrix}2\\.\end{matrix}\quad\begin{matrix}4\\.\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\end{matrix} \rightarrow \underline{10}.\underline{000} \rightarrow a.$$

$$A = (a_i^1 \cup P)\,\overline{O}.$$

Variabila $\overline{O}$, a fost introdusă pentru a ține seama de funcția butonului de oprire O, a generatorului de tacte.

Pentru B

$$20\begin{matrix}24\\4\end{matrix}\Big/\ 25\ \Big/\ 26\ 27\ \Big/\ 34\ 35\ 36\ 37 \qquad \begin{matrix}1\\.\end{matrix}\quad\begin{matrix}2\\.\end{matrix}\quad\begin{matrix}10\\.\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\end{matrix} \rightarrow \underline{10}.\underline{100} \rightarrow t_1.$$

$$30\ \Big/\ 31\ \Big/\ 34\ 35\ \Big/\ 10\ 11\ 14\ 15 \qquad \begin{matrix}1\\.\end{matrix}\quad\begin{matrix}4\\.\end{matrix}\quad\begin{matrix}20\\.\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\end{matrix} \rightarrow \underline{11}.\underline{000} \rightarrow b\bar{t}_2.$$

$$B = t_1 \cup b\bar{t}_2 = t_1(\bar{t}_2) \cup b\bar{t}_2 = \bar{t}_2(b \cup t_1).$$

Variabila redondantă $\bar{t}_2$ s-a introdus avînd în vedere structurarea mai ușoară a schemei modulare UNILOG după ultima formă posibilă a expresiei logice.

Pentru T_1

$$20\ \Big/\ 21\ \Big/\ 22\ 23\ \Big/\ 24\ 25\ 26\ 27 \qquad \begin{matrix}1\\.\end{matrix}\quad\begin{matrix}2\\.\end{matrix}\quad\begin{matrix}4\\.\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\end{matrix} \rightarrow 10.\underline{000}$$

$$T_1 = a\bar{b}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Pentru T_2

$$20\overset{1}{24}\overset{4}{\cdot}\ /\ \overset{2}{25}\ /\ \overset{10}{26\ 27}\ /\ 34\ 35\ 36\ 37 \rightarrow \underline{10}.\underline{100} \rightarrow t_1.$$

$$20\overset{1}{\overline{30}}\overset{10}{\cdot}\ /\ \overset{2}{31}\ /\ \overset{4}{32\ 33}\ /\ 34\ 35\ 36\ 37 \rightarrow \underline{11}.\underline{000} \rightarrow b.$$

$$T_2 = b \cup t_1 = \overline{\overline{b}\,\overline{t}_1}.$$

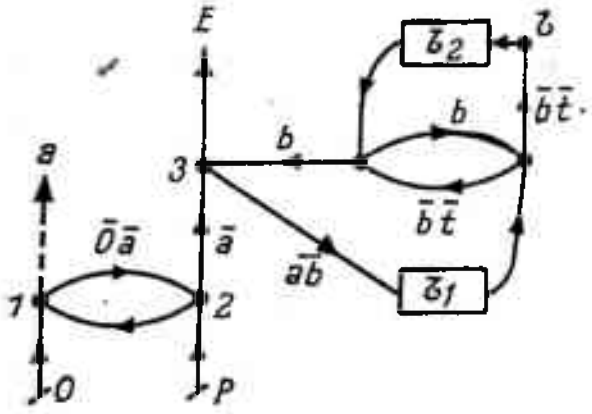


Fig. 11.69. — Schema generatorului de tacte.

Schema modulară UNILOG a generatorului de tacte este dată în figura 11.69. Ea a fost realizată practic la Laboratorul de electronică a Institutului politehnic Iaşi şi a dat rezultate bune.

11.4. PROIECTAREA LOGICĂ A SCHEMEI DE AUTOMATIZARE A UNUI LAMINOR DE BUMBAC

11.4.1. SPECIFICAŢIILE SCHEMEI DE AUTOMATIZARE

Presupunem că laminorul este acţionat de un electromotor M, protejat la suprasarcini mari de scurtă durată prin siguranţele fuzibile S_f şi la suprasarcini mici, dar de lungă durată, prin releele termice R_{tx}. Contactele lor vor fi notate prin r_{tx}.

Conectarea manuală a motorului la rețeaua electrică trifazată se face prin intermediul unui heblu tripolar H iar pornirea automată a lui este asigurată prin contactele c_m, ale unui contactor C_m.

Schema monofilară a circuitului de forță a electromotorului este dată în figura 11.70.

Cuplarea motorului de acționare M cu laminorul se face prin intermediul unei cuple electromagnetice E.

Pentru acționarea căruciorului port-căni se folosește un servomotor pneumatic S_t (fig. 11.71) alimentat prin amplificatorul pneumatic bistabil A_t, care este comandat prin ventilele electromagnetice V_s și V_d, corespunzătoare sensului de deplasare respectiv spre stînga sau dreapta a ghiarei ce antrenează căruciorul port-căni.

Pentru ridicarea discului port-cană se folosește un alt servomotor pneumatic S_d, monostabil, alimentat prin amplificatorul pneumatic A_d, care este comandat prin ventilul electromagnetic V_c. Dacă bobina acestui ventil este străbătută de curent ($V_c = 1$), ventilul V_c este deschis și drept consecință discul port-cană se găsește în poziția inferioară ($D = 1$). Dacă $V_c = 0$, discul se găsește în poziția superioară ($D = 0$).

Controlul cursei discului port-cană se face prin micro-întrerupătorul (limitator de cursă) D, iar controlul deplasării ghiarei de antrenare a căruciorului port-căni se face prin microîntrerupătoarele T_s și T_d.

Funcțiile îndeplinite de schema de automatizare a laminorului sînt:

a) Memorarea comenzilor de pornire sau oprire a servomotorului M, comenzi date prin apăsarea butoanelor cu revenire P_m și O_m.

b) Memorarea comenzilor de pornire sau oprire a laminorului (conectarea sau deconectarea cuplei electromagnetice E), comenzi posibil de dat din mai multe locuri prin apăsarea butoanelor cu revenire P_{mk} și O_{mk}.

c) Pornirea sau oprirea laminorului (cupla E), fără memorarea comenzii, prin comenzi posibil de dat din mai multe locuri prin apăsarea butoanelor cu revenire P_{ik} (pornire intermitentă pentru probe tehnologice). Această pornire trebuie să poată fi făcută indiferent dacă există sau nu există defect ($C_{ik} = 1$).

d) Schimbarea automată a căniі la atingerea lungimii programate a benzii laminate sau la o comandă dată manual. Controlul

Scanned with OKEN Scanner

lungimii benzii laminate se face printr-un contact al unui contor de lungime C_l iar comanda manuală se dă prin apăsarea unui buton cu revenire T'_m (transport manual). În cazul cînd T'_m se menţine apăsat, este pregătită schimbarea cănii, care poate avea loc numai după ce T'_m nu mai este apăsat ($T'_m = 0$).

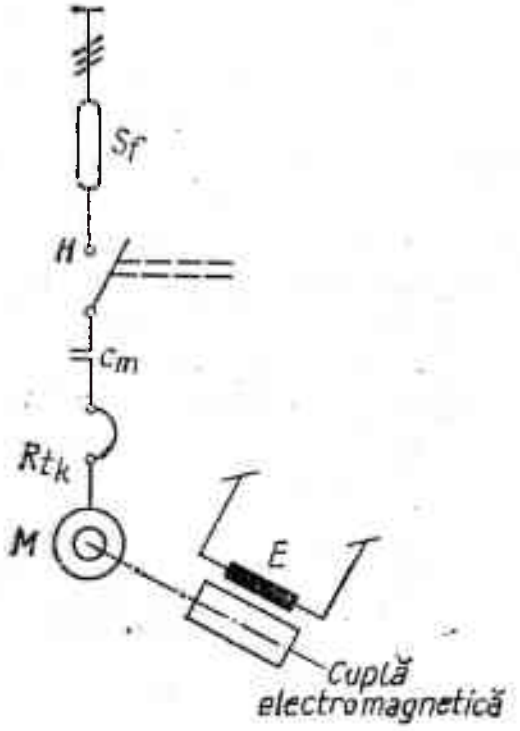
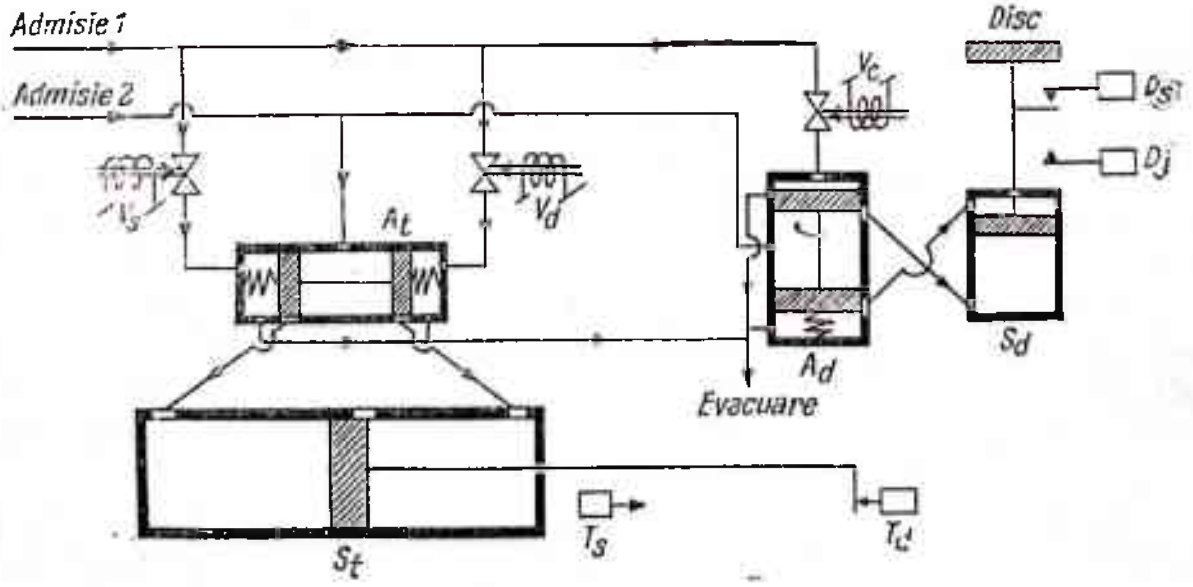


Fig. 11.70. — Schema de alimentare a motorului de acţionare a laminorului de bumbac.

Fig. 11.71. — Schema de acţionare pneumatică a schimbătorului automat de cană.



e) Posibilitatea de a comanda manual coborîrea discului port-cană prin comutarea unui comutator bipoziţional P_c şi posibilitatea interzicerii deplasării căruciorului port-căni prin comutarea unui alt comutator bipoziţional P_t.

f) Controlul automat al continuităţii benzii de bumbac la rastelul de alimentare din stînga, respectiv dreapta, al continuităţii benzii laminate la cilindrii de laminare şi a intrării benzii laminate în cană. Acest control este făcut prin contactele tehnologice, notate respectiv prin C_s, C_d, C_c şi C_b. Intervenţia oricăruia dintre aceste contacte este memorată astfel încît revenirea în stare normală a acestor contacte, sau comanda de pornire a laminorului dată de o altă persoană decît cea care efectuează această remediere, să nu aibă nici un efect. Laminorul poate fi repus în funcţiune numai după ce se şterge memoria prin apăsarea butonului de oprire O_{MK} şi apoi se dă comanda de pornire prin apăsarea pe P_{MK}.

g) Posibilitatea de funcţionare neautomată a laminorului, cînd supravegherea funcţionării lui este făcută de un operator uman. În acest scop se foloseşte o cheie bipoziţională M_a, una dintre poziţii corespunzînd funcţionării automate şi alta, funcţionării neautomate.

h) Semnalizarea optică a prezenţei canei de rezervă, a stării de funcţionare a schemei de comandă, a stării de repaos a laminorului şi a cauzei ce a determinat oprirea lui automată. În acest scop se vor folosi respectiv lămpile semnalizatoare de tablou : L_p, L_m, L_s, L_d, L_c şi L_b şi o lampă cu lumină roşie L_r, aşezată în partea superioară a maşinii astfel încît să poată fi observată de la distanţă de către personalul de deservire.

i) Asigurarea securităţii depanatorului, pe durată cît efectuează reparaţii sau reglaje la cilindrii de laminare. În acest scop se foloseşte un contact al blocării de securitate B_s, a cărui deschidere are loc odată cu luarea capacului protector de acces la cilindrii de laminare.

j) Asigurarea blocării tuturor comenzilor, pe durata de repaos comandat a laminorului. În acest scop se foloseşte o cheie de siguranţă K_s, posibil de acţionat numai cu ajutorul cheii de acces la maşină, cheie purtată de persoana ce are în sarcină exploatarea laminorului.

k) Blocarea comenzii motorului M prin releele termice şi prin releul de presiune R_p, folosit la instalaţia pneumatică ce deserveşte laminorul astfel încît acesta să nu poată fi acţionat decît dacă presiunea aerului din instalaţia pneumatică are valoarea programată.

Scanned with OKEN Scanner

11.4.2. CODIFICAREA SPECIFICAȚIILOR SCHEMEI DE AUTOMATIZARE

Funcționarea automată a laminorului poate fi descrisă printr-o succesiune de stări, succesiune care reprezintă secvența de lucru a lui. Fiecare stare a laminorului se exprimă în formă codificată printr-un raport, numit rapot de stare, așa cum s-a arătat mai sus.

Analizînd specificațiile schemei de automatizare, rezultă următorul grup al variabilelor de intrare :

$$r_{ik}c_m D T_s T_d P_m O_m P_{Mk} O_{Mk} P_{ik} C_l T_m P_d P_t C_p C_{ik} M_a B_s K_s R_p$$

unde prin C_{ik} s-a notat o variabilă generică atașată unui contact de blocare tehnologică iar prin C_p s-a notat traductorul cu contact sesizor al prezenței canei de rezervă.

În scopul simplificării procesului de proiectare, vom omite din acest șir variabilele atașate contactelor ce determină oprirea de urgență a motorului M și anume variabilele :

$$K_s O_m R_p r_{ik},$$

variabilele ce determină oprirea de urgență a laminorului (decuplarea cuplei E), și anume variabilele : K_s, O_{Mk} și B_s și variabilele C_p și C_l. De funcțiile logice ale acestor variabile se va ține cont în formulele finale după care se structurează schema de automatizare. După cum se va vedea din cele ce urmează, este necesară și introducerea a două variabile secundare r_k și r_1.

Cu aceste precizări, vom lua în considerare următorul grup al variabilelor de intrare :

$$r_k r_1 \cdot c_m D T_s \cdot T_d P_m P_{Mk} \cdot P_{ik} T_m P_d \cdot P_t C_{ik} M_a .$$

Variabilele de ieșire, exprimă în formă binară starea bobinelor de excitație ale releelor, contactoarelor, electromagneților, lămpilor semnalizatoare, etc., adică a aparatelor comandate prin circuitele schemei de automatizare.

Din analiza specificațiilor schemei de automatizare, rezultă următorul grup al variabilelor de ieșire :

$$R_k \cdot R_1 C_m E \cdot V_s V_d V_c$$

unde, de asemenea, din motive ce se vor vedea ulterior, s-au adăugat variabilele de ieșire auxiliare R_k și R_1.

Lămpile semnalizatoare sînt legate funcțional de aceste variabile de ieșire, astfel încît:

$$L_m = C_m; \qquad L_{tr} = R_k; \qquad L_r = \overline{E}; \qquad L_p = C_p.$$

Rezultă deci următorul raport de stare generic al schemei de automatizare a laminorului:

$$\left(\frac{r_s r_1 \cdot c_m D T_s \cdot T_d P_m P_{ms} \cdot P_{ts} T_m P_d \cdot P_t C_{ts} M_a}{R_s \cdot R_1 C_m E \cdot V_s V_d V_c}\right)_n$$

unde n, este un număr de ordine dat stării respective. Astfel, starea $n = 0$, va fi descrisă codificat prin raportul de stare

$$\left(\frac{1.000}{0}\right)_0.$$

Stările secvenței de lucru a laminorului, care corespund unor combinații diferite ale valorilor binare, momentane, ale variabilelor de ieșire, trebuie să fie distincte, adică trebuie să fie descrise prin numere de stare diferite. Adesea, pentru discriminarea lor, este necesară introducerea variabilelor secundare, atașate fie variabilelor de ieșire care descriu starea unor relee sau contactoare, fie unor noi variabile de ieșire, care sînt necesar a fi introduse și care corespund unor relee auxiliare. Introducerea acestor variabile se face în timpul stabilirii secvenței de lucru a schemei de automatizare, în forma sa codificată, în măsura în care acest lucru este impus de necesitatea de a discrimina stări diferite ale acestei secvențe.

Variabilele secundare se adaugă capătului din stînga al șirului variabilelor de intrare și se notează cu literele mici, corespunzătoare variabilelor de ieșire cărora le sînt atașate. În acest fel, numerele octale, cuprinse de stările anterioare ale secvenței, nu sînt afectate prin introducerea noilor variabile.

Scanned with OKEN Scanner

Avînd stabilit raportul de stare, putem trece la stabilirea în formă codificată a secvenței de lucru a laminorului. Schematic, aceasta se prezintă astfel :

Specificația a)

$$\left(\frac{1.000}{0}\right)_0 \xrightarrow{P_m=1} \left(\frac{1.200}{20}\right)_1 \xrightarrow{c_m=1} \left(\frac{5.200}{20}\right)_2 \xrightarrow{P_m=0} \left(\frac{5.000}{20}\right)_3$$

Specificația b)

$$5.000 \xrightarrow{P_{Mk}=1} \left(\frac{5.100}{60}\right)_4 \xrightarrow{r_1=1} \left(\frac{15.100}{70}\right)_5 \xrightarrow{P_{Mk}=0} \left(\frac{15.000}{70}\right)_6$$

Pentru memorarea comenzii date prin P_{Mk}, a fost necesară introducerea variabilei secundare r_1 și a celei de ieșire, auxiliare R_1.

Specificația c)

În regim normal, avem :

$$5.000 \xrightarrow{P_{ik}=1} \left(\frac{5.040}{30}\right)_7 \xrightarrow{P_{ik}=0} 5.000$$

În regim de avarie, avem :

$$5.000 \xrightarrow{C_{ik}=1} \left(\frac{5.002}{120}\right)_8 \xrightarrow{r_k=1} \left(\frac{25.002}{120}\right)_9 \xrightarrow{P_{ik}=1} \left(\frac{25.042}{130}\right)_{10} \xrightarrow{P_{ik}=0} 25.002$$

Memorarea comenzii date prin C_{ik} impune adăugarea variabilei secundare r_k și a celei de ieșire, căreia îi este asociată, R_k.

Specificația d)

$$15.000 \xrightarrow{T_m=1} \left(\frac{15.020}{71}\right)_{11} \xrightarrow{D=1} \left(\frac{17.020}{33}\right)_{12} \xrightarrow{r_1=0} \left(\frac{7.020}{33}\right)_{13}$$

$$\xrightarrow{T_m=0} \left(\frac{7.000}{33}\right)_{14} \xrightarrow{T_s=0} \left(\frac{6.000}{33}\right)_{15} \xrightarrow{T_d=1} \left(\frac{6.400}{73}\right)_{16} \xrightarrow{r_1=1} \left(\frac{16.400}{75}\right)_{17}$$

$$\xrightarrow{T_d=0} \left(\frac{16.000}{75}\right)_{18} \xrightarrow{T_s=0} \left(\frac{17.000}{70}\right)_{19} \xrightarrow{D=0} 15.000$$

Scanned with OKEN Scanner

Dacă T_m rămîne apăsat, avem starea de blocare:

$$16.400 \xrightarrow{T_m=1} \left(\frac{16.420}{71}\right)_{20}$$

Specificația e)

$$5.000 \xrightarrow{P_d=1} \left(\frac{5.010}{21}\right)_{21} \xrightarrow{D=1} \left(\frac{7.010}{21}\right)_{22}$$

$$15.000 \xrightarrow{P_d=1} \left(\frac{15.010}{71}\right)_{23} \xrightarrow{D=1} \left(\frac{17.010}{71}\right)_{24}$$

$$16.400 \xrightarrow{P_t=1} \left(\frac{16.404}{71}\right)_{25} \text{ și : } 16.420 \xrightarrow{P_t=1} \left(\frac{16.424}{71}\right)_{26}$$

Specificația f)

$$25.002 \xrightarrow{C_{tk}=0} \left(\frac{25.000}{120}\right)_{27} \xrightarrow{P_{Mk}=1} \left(\frac{25.100}{120}\right)_{28}$$

$$15.000 \xrightarrow{C_{tk}=1} \left(\frac{15.002}{170}\right)_{29} \xrightarrow{r_k=1} \left(\frac{35.002}{130}\right)_{30} \xrightarrow{r_1=0} \left(\frac{25.002}{120}\right)_{31}$$

Specificația g)

$$5.000 \xrightarrow{M_a=1} \left(\frac{5.001}{20}\right)_{32} \xrightarrow{C_{tk}=1} \left(\frac{5.002}{20}\right)_{33}$$

$$15.000 \xrightarrow{M_a=1} \left(\frac{15.001}{70}\right)_{34} \xrightarrow{C_{tk}=1} \left(\frac{15.003}{70}\right)_{35}.$$

De restul specificațiilor schemei de automatizare se ține cont numai la structurarea formulelor finale care vor servi la structurarea acestei scheme.

11.4.3. STRUCTURAREA SIMBOLURILOR DE MARCARE

Cînd numărul variabilelor de intrare este mare, avînd în vedere că fiecare variabilă de ieșire, luată separat, nu depinde adesea de totalitatea variabilelor de intrare, se poate structura cîte un simbol de marcare separat, pentru fiecare variabilă de ieșire.

Printre variabilele de intrare de care depinde o variabilă de ieşire, luată separat, se vor găsi în primul rînd variabilele care modifică valoarea binară a acestei variabile. Ele pot fi uşor depistate inspectînd stările secvenţelor de lucru ale schemei.

Din restul variabilelor de intrare, se adaugă numărul minim necesar de variabile, necesare pentru discriminarea secvenţei particulare de lucru, aferente variabilei respective de ieşire. Se obţine astfel şirul variabilelor de intrare de care depinde variabila de ieşire considerată, şir care reprezintă indicele superior al simbolului de marcare aferent acesteia.

Vom exemplifica procedeul folosit pentru variabila de ieşire R_1, reprezentată codificat în numitorul raportului de stare prin cifra de pondere 40.

Inspectînd cele 35 stări ale secvenţelor de lucru ale schemei, constatăm că variabila R_1 îşi modifică valoarea în cazul tranziţiilor între stările : (3—4), (11—12), (15—16) şi (29—30), tranziţii determinate de intervenţia variabilelor : P_{MK}, d, T_a şi r_k, ale căror ponderi formează numărul octal 22.500.

Folosind numai cifrele acestui număr, celei 8 stări de mai sus se scriu :

$$R_1 = 0 : (0)_3,\ (2.000)_{12},\ (2.000)_{15},\ (20.000)_{30}$$

$$R_1 = 1 : (100)_4,\ (0)_{11},\ (2.400)_{16},\ (0)_{29}.$$

Observăm că se impune discriminarea stării 3 de stările 11 şi 29. Adăugarea varabilei r_1, de pondere 10.000 şi a variabilei T_m, de pondere 20, rezolvă problema. În acest caz, folosind numai cifrele numărului 32.520,cele 35 stări ale secvenţelor de lucru ale schemei se reduc la :

$R_1 = 0 : 0,20.000,\ 12.020,\ 2.020,\ 2.000,\ 20.100,\ 30.000.$

$R_1 = 1 : 100,\ 10.100,\ 10.000,\ 10.020,\ 2.400,\ 12.400,\ 12.000,\ 2.420.$

Numerele de stare cuprinse de indicele inferior al simbolului de marcare se obţin efectuînd în stările de mai sus următoarele transformări de ponderi :

$$20.000 \rightarrow 40,\ 10.000 \rightarrow 20,\ 2.000 \rightarrow 10,\ 400 \rightarrow 4,\ 100 \rightarrow 2$$

$$\text{şi : } 20 \rightarrow 1.$$

Scanned with OKEN Scanner

Noile numere de stare se referă la şirul : $r_k r_1 D \cdot T_d P_{Mk} T_m$.
Se obţine astfel :

$$R_1 = \overline{K}_s \cdot D_{1:(2,\,14,\,15,\,20,\,21,\,22,\,34)\;0:(0,\,10,\,11,\,31,\,40,\,42,\,60)}^{r_k r_1 D \cdot T_d P_{Mk} T_m}.$$

Variabila $\overline{K}_s$ a fost introdusă în scopul de a ţine seama de rolul de întrerupător general al acestei chei, potrivit specificaţiilor date prin tema de proiectare.

Folosind acelaşi procedeu, obţinem :

$$R_k = \overline{K}_s \overline{O}_{Mk} \cdot D_{1:(2,\,4,\,6)\;0:(0,\,1,\,3)}^{r_k C_{tk} M_a}$$

$$C_m = \overline{K}_s \overline{O}_m \overline{R}_p \overline{r}_{tk} \cdot D_{1:(123)\;0:(0)}^{c_m P_m}$$

$$E = \overline{K}_s \overline{O}_{Mk} \overline{B}_s \cdot D_{1:(2,\,4,\,10,\,11,\,14,\,15,\,22,\,30)\;0:(0,\,1,\,5,\,20)}^{r_k r_1 \cdot D P_{tk} P_d}$$

$$V_s = \overline{K}_s \overline{O}_{Mk} \cdot D_{1:(10)\;0:(0,\,4,\,6,\,11,\,12,\,13,\,14,\,16)}^{r_1 \cdot T_s T_m P_s}$$

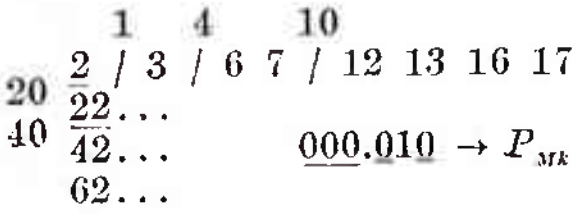
$$V_d = \overline{K}_s \overline{O}_{Mk} \cdot D_{1:(0,\,14,\,16,\,36)\;0:(4,\,5,\,15,\,20,\,22,\,24,\,25,\,34,\,35)}^{r_1 D \cdot T_s T_m P_d}$$

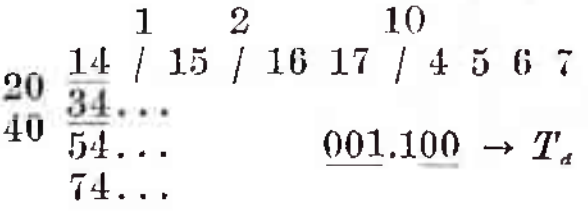
$$V_c = \overline{K}_s \overline{O}_{Mk} \cdot D_{\substack{1:(5,\,10,\,14,\,15,\,16,\,25,\,26,\,30,\,32,\,35,\,36)\\ 0:(4,\,24,\,34)}}^{r_1 D \cdot T_s T_m P_d}.$$

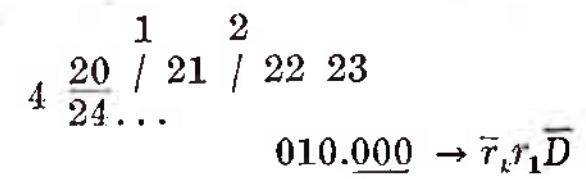
11.4.4. DEDUCEREA EXPRESIILOR LOGICE MINIMALE

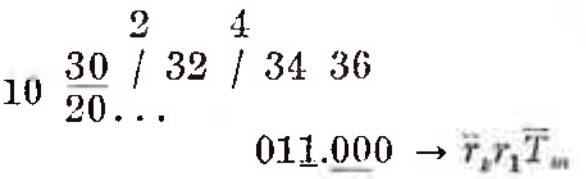
Vom da schema de calcul folosită numai pentru calculul implicanţilor aferenţi simbolului de marcare al variabilei R_1.

Schematic, acest calcul se prezintă astfel :









Circuitul de comutaţie a lui R_1 este lipsit de hazard de comutaţie întrucît legătura între grupe este asigurată prin cel puţin un număr de stare comun.

Rezultă deci

$$R_1 = \overline{K}_s[P_{Mk} \cup T_d \cup \bar{r}_k r_1(\bar{D} \cup \bar{T}_m)].$$

Similar, se deduc următoarele expresii logice ale schemei de automatizare :

$$R_k = \overline{K}_s \overline{O}_{Mk} \overline{M}_a (r_k \cup C_{tk}).$$

$$C_m = \overline{K}_s \overline{O}_m \overline{R}_p \bar{r}_{tk} (P_m \cup c_m).$$

$$E = \overline{K}_s \overline{O}_{Mk} \overline{B}_s (r_1 \cup P_{ik} \cup D\overline{P}_d).$$

$$V_s = \overline{K}_s \overline{O}_{Mk} r_1 \overline{T}_s \overline{T}_m \overline{P}_c.$$

$$V_d = \overline{K}_s \overline{O}_{Mk} [\bar{r}_1 \overline{T}_s \cup D(\bar{r}_1 \overline{P}_d \cup T_m)].$$

$$V_c = \overline{K}_s \overline{O}_{Mk} (P_a \cup \bar{r}_1 D \cup T_m \cup \bar{T}_s).$$

Din specificaţiile schemei de automatizare mai rezultă formulele :

$T_m = (T_m \cup C_1)$, $L_m = C_m$, $L_r = \overline{E} = \bar{r}_E$, $L_{tk} = R_k$ şi $L_p = C_p$.

11.4.5. STRUCTURAREA SCHEMEI DE COMUTAȚIE DINAMICĂ

Pe baza expresiilor logice de mai sus se poate structura schema de comutație dinamică sau statică care satisface specificațiile cerute prin tema de proiectare.

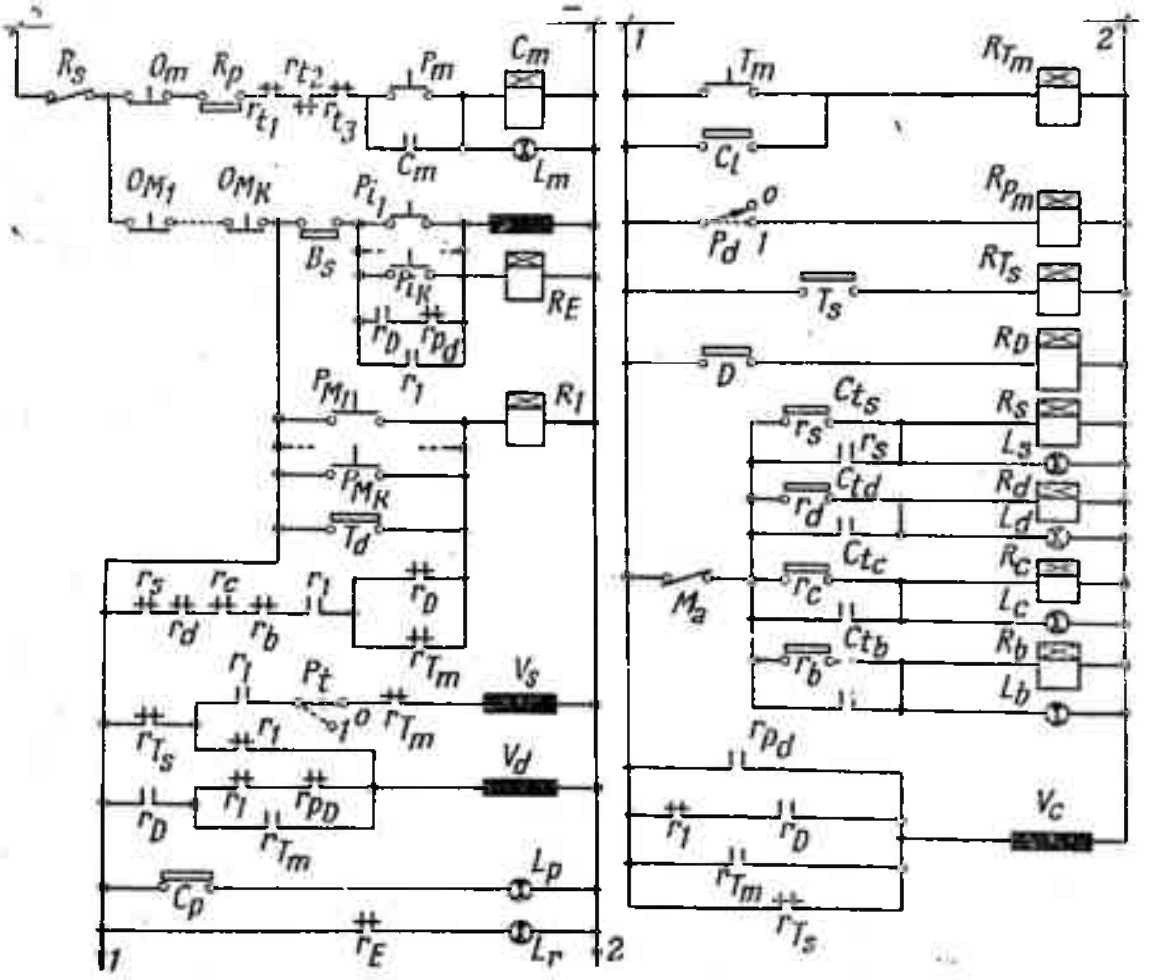


Fig. 11.72. — Schema de comutație dinamică pentru comanda automată a unui laminor de bumbac.

În figura 11.72, este dată schema de comutație dinamică.

Avînd în vedere că microîntrerupătoarele sau butoanele de comandă se execută fie sub forma de contacte unice, fie sub forma asociației dintre un contact normal deschis și unul normal închis, pentru structurarea schemei se impune folosirea unor relee inter-

mediare, comandate de microîntrerupătoarele sau butoanele ce au mai multe contacte folosite în această schemă. Acesta e cazul microîntrerupătoarelor T_s și D, al butonului T_m, legat în derivație cu contactul C_l al contorului de lungime și al comutatorului P_a, pentru care s-au folosit releele intermediare R_{T_s}, R_D, R_{T_m} și R_{P_a}.

În schemă, contactele r_k, C_{tk} și releul R_k, ia valori particulare pentru cele patru blocări folosite. Cele patru circuite de blocare folosesc în comun contactul cheii M_a.

Pentru semnalizarea stării de repaos a laminorului se folosește un releu auxiliar R_E, branșat în derivație pe electromagnetul cuplei E. Contactul acestuia r_E, controlează circuitul lămpii de semnalizare L_r.

În final se verifică dacă schema dedusă satisface specificațiile cerute prin tema de proiectare.

11.5. PROIECTAREA LOGICĂ A UNEI MAȘINI DE GĂURIT AUTOMATE (AUTOMAT SECVENȚIAL ASINCRON)

Literatura de specialitate apărută pînă în prezent oferă proiectantului un număr de metode de proiectare logică a automatelor secvențiale asincrone care devin extrem de laborioase pe măsură ce crește numărul variabilelor care descriu comportarea automatului. Aceste automate au o foarte largă răspîndire în industrie. Încercăm în cele ce urmează să prezentăm o metodă bazată pe noțiunile cuprinse în această lucrare, metodă pe care o considerăm mai expeditivă în raport cu restul metodelor cunoscute pînă în prezent.

În scopul de a arăta aplicabilitatea metodei propuse am reluat exemplul dat de P. Girard în cele două lucrări publicate [40], [41]. Iată enunțul temei de proiectare care face obiectul acestor lucrări.

Se cere structurarea schemei de comandă automată a unei mașini de găurit (fig. 11.73), care să satisfacă următoarele specificații :

a) Piesele de perforat sînt debitate prin culoarul B. În momentul cînd unul dintre capetele tijei presoare A, atinge limitatorul A_1, celălalt capăt eliberează extremitatea culoarului B, astfel încît una dintre piesele de găurit cade în fața tijei presoare (împingătoare).

Prezența ei este semnalată prin semnalul B_1 care inițiază comanda deplasării tijei împingătoare A spre dreapta. Această comandă nu se modifică în cursul deplasării tijei împingătoare care determină dispariția semnalului B_1 ca urmare a împingerii piesei către platanul C.

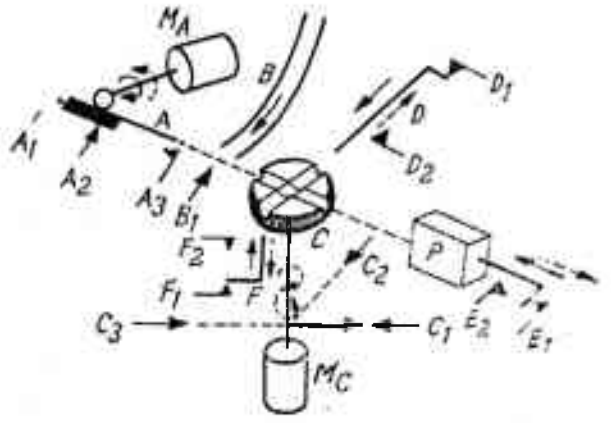


Fig. 11.73.— Schema cinematică pentru comanda automată a unei mașini de găurit.

b) Tija împingătoare A înaintează pînă în poziția extremă A_3, pentru care piesa este în poziția de găurire în canalul platanului C, orientat în direcția C_1. În acest moment, o altă tijă împingătoare D părăsește poziția D_1 și apasă lateral piesa care se găsește în canalul platanului. Simultan, perforatorul P părăsește poziția E_1 și înaintînd către poziția E_2, găurește piesa.

c) După găurirea piesei, perforatorul P revine în poziția limită E_1, apoi tija împingătoare D revine în poziția D_1 și tija împingătoare A revine în poziția intermediară A_2. Apariția semnalului A_2 determină rotirea platanului C cu o semitură spre dreapta astfel încît el se orientează către opritorul C_3, pregătind astfel pentru găurire a doua față a piesei.

d) Tijele împingătoare A și D revin în pozițiile A_3 și $\overline{D}_1$ iar perforatorul P efectuează cea de a doua găurire, apoi cele două tije împingătoare se retrag în pozițiile limită simultan cu deplasarea unui opritor din F_1 către F_2.

e) Programul de lucru nu se modifică dacă limitatorul F_1 este acționat înainte ca $A_2 = 0$, sau dacă limitatorul F_2 este acționat înainte ca $A_2 = 0$.

f) Imediat ce apare semnalul A_2 și D_1, platanul C începe să se rotească spre stînga cu un sfert de tură și vine în direcția C_2, poziția lui fiind precizată prin opritorul F. Urmează deplasarea

tijei împingătoare din D_1 în D_2, care astfel ejectează piesa găurită, reîntoarcerea tijei D în poziția inițială, rotirea platanului C spre stînga cu un sfert de tură, pînă în poziția inițială C_1 și apoi reîncepe un nou ciclu de lucru.

11.5.1. CODIFICAREA SPECIFICAȚIILOR SCHEMEI

Analizînd schema cinematică a automatului, dată în figura 11.73, putem stabili de la început următorul raport de stare generic :

$$\left(\frac{xA_1 \cdot A_2A_3B_1 \cdot C_1C_2C_3 \cdot D_1D_2E_1 \cdot E_2F_1F_2}{XA_s \cdot A_dDE \cdot C_sC_dF} \right)_n .$$

Variabila secundară x, atașată variabilei de ieșire X, a fost de la început introdusă avîndu-se în vedere necesitatea memorării comenzii date prin B_1. Dacă este necesar, ulterior se pot adăuga și alte variabile secundare.

S-a presupus că pentru comanda reversibilă a servomotoarelor M_A și M_C se folosesc contactoarele A_s, A_d, respectiv C_s și C_d, că pentru acționarea tijelor împingătoare D și F se folosesc servomotoare pneumatice, comandate prin amplificatoare bistabile cu ajutorul ventilelor electromagnetice D și F și că deplasarea perforatorului P se face cu ajutorul unui servomotor comandat de un amplificator monostabil prin intermediul ventilului electromagnetic E.

Codificat, specificațiile a), b), c), și d), se scriu astfel

$$\left(\frac{14.452}{0}\right)_1 \xrightarrow{B_1=1} \left(\frac{15.452}{200}\right)_2 \xrightarrow{x=1} \left(\frac{35.452}{240}\right)_3 \xrightarrow{B_1=0} \left(\frac{34.452}{240}\right)_4 \xrightarrow{A_1=0}$$

$$\left(\frac{25.452}{240}\right)_5 \xrightarrow{B_1=0} \left(\frac{24.452}{240}\right)_6 \xrightarrow{A_2=0} \left(\frac{20.452}{240}\right)_7 \xrightarrow{A_3=1} \left(\frac{22.452}{220}\right)_8 \xrightarrow{D_1=0}$$

$$\left(\frac{22.412}{230}\right)_9 \xrightarrow{E_1=0} \left(\frac{22.402}{230}\right)_{10} \xrightarrow{E_2=1} \left(\frac{22.406}{30}\right)_{11} \xrightarrow{x=0} \left(\frac{2.406}{20}\right)_{12} \xrightarrow{E_2=0}$$

$$\left(\frac{2.402}{20}\right)_{13} \xrightarrow{E_1=1} \left(\frac{2.412}{100}\right)_{14} \xrightarrow{B_1=1} \left(\frac{2.452}{100}\right)_{15} \xrightarrow{A_2=0} \left(\frac{452}{100}\right)_{16} \xrightarrow{A_3=1}$$

$$\left(\frac{4.452}{2}\right)_{17} \xrightarrow{C_1=0} \left(\frac{4.052}{2}\right)_{18} \xrightarrow{C_2=1} \left(\frac{4.252}{2}\right)_{19} \xrightarrow{C_2=0} 4.052 \xrightarrow{C_3=1}$$

$$\left(\frac{4.152}{40}\right)_{20} \xrightarrow{A_2=0} \left(\frac{152}{41}\right)_{21} \xrightarrow{A_3=1} \left(\frac{2.152}{21}\right)_{22} \xrightarrow{D_1=0} \left(\frac{2.112}{31}\right)_{23} \xrightarrow{E_1=0}$$

$$\left(\frac{2.102}{31}\right)_{24} \xrightarrow{E_2=1} \left(\frac{2.106}{231}\right)_{25} \xrightarrow{x=1} \left(\frac{22.106}{221}\right)_{26} \xrightarrow{E_3=0} \left(\frac{22.102}{221}\right)_{27} \xrightarrow{E_1=1}$$

$$\left(\frac{22.112}{301}\right)_{28} \xrightarrow{D_1=1} \left(\frac{22.152}{301}\right)_{29} \xrightarrow{A_3=0} \left(\frac{20.152}{301}\right)_{30} \xrightarrow{A_2=1} \left(\frac{24.152}{305}\right)_{31} \xrightarrow{A_1=1}$$

$$\left(\frac{34.152}{205}\right)_{32} \ldots\ldots$$

Specificația e), se scrie codificat astfel

$$4.152 \xrightarrow{F_1=0} \left(\frac{4.150}{41}\right)_{33} \xrightarrow{A_2=0} \left(\frac{150}{41}\right)_{34} \xrightarrow{A_3=1} \left(\frac{2.150}{21}\right)_{35} \xrightarrow{D_1=0}$$

$$\left(\frac{2.110}{31}\right)_{36} \xrightarrow{E_1=0} \left(\frac{2.100}{31}\right)_{37} \xrightarrow{E_2=1} \left(\frac{2.104}{231}\right)_{38} \xrightarrow{x=1} \left(\frac{22.104}{221}\right)_{39} \xrightarrow{E_3=0}$$

$$\left(\frac{22.100}{221}\right)_{40} \xrightarrow{E_1=1} \left(\frac{22.110}{301}\right)_{41} \xrightarrow{D_1=1} \left(\frac{22.150}{301}\right)_{42} \xrightarrow{A_3=0} \left(\frac{20.150}{301}\right)_{43} \xrightarrow{A_2=1}$$

$$\left(\frac{24.150}{305}\right)_{44} \xrightarrow{A_1=1} \left(\frac{34.150}{205}\right)_{45} \ldots\ldots$$

sau

$$4.150 \xrightarrow{F_2=1} \left(\frac{4.151}{41}\right)_{46} \xrightarrow{A_2=0} \left(\frac{151}{41}\right)_{47} \xrightarrow{A_3=1} \left(\frac{2.151}{21}\right)_{48} \xrightarrow{D_1=0}$$

$$\left(\frac{2.111}{31}\right)_{49} \xrightarrow{E_1=0} \left(\frac{2.101}{31}\right)_{50} \xrightarrow{E_2=1} \left(\frac{2.105}{231}\right)_{51} \xrightarrow{x=1} \left(\frac{22.105}{221}\right)_{52} \xrightarrow{E_3=0}$$

$$\left(\frac{22.101}{221}\right)_{53} \xrightarrow{E_1=1} \left(\frac{22.111}{301}\right)_{54} \xrightarrow{D_1=1} \left(\frac{22.151}{301}\right)_{55} \xrightarrow{A_3=0} \left(\frac{20.151}{301}\right)_{56} \xrightarrow{A_2=1}$$

$$\left(\frac{24.151}{305}\right)_{57} \xrightarrow{A_1=1} \left(\frac{34.151}{205}\right)_{58} \ldots\ldots$$

Scanned with OKEN Scanner

În fine, specificaţia f), se scrie codificat astfel

$$24.151 \xrightarrow{C_2=0} \left(\frac{24.051}{305}\right)_{59} \xrightarrow{A_1=1} \left(\frac{34.051}{205}\right)_{60} \ldots\ldots$$

sau

$$24.051 \xrightarrow{C_2=1} \left(\frac{24.251}{305}\right)_{61} \xrightarrow{A_1=1} \left(\frac{34.251}{221}\right)_{62} \ldots\ldots$$

şi

$$34.251 \xrightarrow{D_1=0} \left(\frac{34.211}{221}\right)_{63} \xrightarrow{D_2=1} \left(\frac{34.231}{21}\right)_{64} \xrightarrow{x=0} \left(\frac{14.231}{0}\right)_{65} \xrightarrow{D_2=0}$$

$$\left(\frac{14.211}{0}\right)_{66} \xrightarrow{D_1=1} \left(\frac{14.251}{0}\right)_{67} \xrightarrow{F_2=0} \left(\frac{14.250}{0}\right)_{68} \xrightarrow{F_1=1} \left(\frac{14.250}{4}\right)_{69} \xrightarrow{C_2=0}$$

$$\left(\frac{14.052}{4}\right)_{70} \xrightarrow{C_1=1} 14.452 \ldots\ldots$$

11.5.2. STRUCTURAREA SIMBOLURILOR DE MARCARE

Avînd în vedere observaţiile făcute la exemplul anterior de proiectare, vom exemplifica numai procedeul folosit pentru determinarea simbolului de marcare al variabilei de ieşire X, reprezentată în numitorul raportului de stare prin cifra de pondere 200.

Inspectînd stările secvenţei de lucru a automatului constatăm că variabila X îşi modifică valoarea în cazul tranziţiilor între stările 1—2, 10—11, 24—25, 37—38, 50—51 şi 63—64, tranziţii determinate de intervenţia variabilelor B_1, D_2 şi E_2. Adăugînd variabila secundară x, obţinem şirul $xB_1D_2E_2$. Ponderile acestor variabile sînt cuprinse în numărul octal 21.024. Folosind numai cifrele acestui număr, stările afectate de schimbarea valorilor binare ale variabilelor din şirul scris mai sus, se vor scrie

$X = 0 : (0)_1, (20.004)_{11}, (4)_{12}, (0)_{13}, (20.020)_{64}, (20)_{65}, (0)_{66}.$

$X = 1 : (1.000)_2, (21.000)_3, (20.000)_4, (20.000)_6, (4)_{25}, (20.004)_{26}, (20.000)_{27}, (4)_{38}, (20.004)_{39}, (20.000)_{40}, (4)_{51}, (20.004)_{52}, (20.000)_{53}.$

Scanned with OKEN Scanner

Observăm că este necesar să discriminăm starea $(22.406)_{11}$ de stările $(22.106)_{26}$, $(22.104)_{39}$, și $(22.105)_{52}$ și starea $(2.406)_{12}$ de stările $(2.106)_{25}$, $(2.104)_{38}$ și $(2.105)_{51}$.

Adăugarea variabilei C_3, avînd ponderea 100, rezolvă problema. Într-adevăr, în acest caz, vom scrie

$$(20.104)_{26},\ (20.104)_{39},\ (20.104)_{52},\ (104)_{25},\ (104)_{38},\ (104)_{51}.$$

Adăugarea variabilei C_3, impune și adăugarea stărilor afectate de schimbarea acestei variabile, la șirul stărilor care definesc pe X. Acestea sînt

$$X = 0 : (100)_{26} \text{ și } X = 1 : (20.000)_{59},\ (20.100)_{27},\ (20.100)_{40},\ (20.100)_{53}.$$

Indicele superior al simbolului de marcare, va fi deci:

$$xB_1 \cdot C_3D_2E_2.$$

Numerele de stare cuprinse de indicele inferior al simbolului de marcare se obține luînd în considerare toate stările care definesc pe X și efectuînd transformările de ponderi

$$20.000 \rightarrow 20,1.000 \rightarrow 10,100 \rightarrow 4,20 \rightarrow 2 \text{ și : } 4 \rightarrow 1.$$

Rezultă astfel

$$X = D_{1 : (5,\ 10,\ 20,\ 24,\ 25,\ 30)\ 0 : (0,\ 1,\ 2,\ 4,\ 21,\ 22).}^{xB_1 \cdot C_3D_2E_2}$$

Folosind același procedeu, obținem

$$A_s = D_{1 : (5,\ 43,\ 51,\ 53)\ 0 : (2,\ 3,\ 4,\ 11,\ 15,\ 13,\ 31,\ 35,\ 42,\ 44,\ 45,\ 55,\ 71,\ 73,\ 75).}^{xA_1A_2 \cdot C_1C_3E_1}$$

$$A_d = D_{1 : (1,\ 12)\ 0 : (0,\ 2,\ 5,\ 6,\ 10,\ 11,\ 15,\ 16)}^{x \cdot A_3C_1C_3}$$

Scanned with OKEN Scanner

$$D = D_1^{xA_1A_3 \cdot C_1C_2E_1} : (10, 11, 14, 50, 54, 55, 63)\ 0 : (1, 3, 5, 15, 21, 23, 25, 41, 43, 45, 51, 61, 65).$$

$$E = D_1^{x \cdot C_1C_3D_1} : (2, 14)\ 0 : (0, 1, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 15).$$

$$C_2 = D_1^{xA_1A_2 \cdot C_1C_2F_1} : (31, 33, 50, 51, 52, 70, 71)\ 0 : (0, 2, 5, 10, 11, 13, 15, 32, 35, 40, 41, 45, 55, 72, 75).$$

$$C_3 = D_1^{x \cdot A_1A_2C_3} : (2)\ 0 : (0, 1, 3, 6, 10, 11, 12, 13, 16, 17).$$

$$F = D_1^{xA_2C_1 \cdot C_3F_1F_2} : (4, 5, 6, 24, 25, 44, 45, 46, 61, 65, 66)\ 0 : (12, 20, 21, 22, 26 32, 52, 72).$$

11.5.3. DEDUCEREA EXPRESIILOR LOGICE MINIMALE

Vom exemplifica procedeul folosit numai pentru cazul variabilei X. Pentru această variabilă se formează grupările:

2 10	1 2	4 10
20 5 / 7 / 15 17	4 10 / 11 / 12 13	20 / 24 / 30 34
25	20 14	
	30	
	34	
$\underline{00}.\underline{10}1 \rightarrow C_3E_2$	$\underline{01}.\underline{000} \rightarrow B_1$	$\underline{10}.\underline{000} \rightarrow x\overline{D}_2\overline{E}_2$.

Schema corespunzătoare numai acestor grupări va avea hazard de comutaţie întrucît prima şi ultima grupare nu are nici-un număr de stare comun. Pentru eliminarea acestuia se impune deci adăugarea grupării

1 2	
10 24 / 25 / 26 27	$\underline{10}.\underline{100} \rightarrow xC_3$.
34	

Rezultă deci soluția minimală

$$X = C_3E_2 \cup B_1 \cup x\overline{D}_2\overline{E}_2 \cup (xC_3) = C_3E_2 \cup B_1 \cup x(C_3 \cup \overline{D}_2\overline{E}_2).$$

Folosind același procedeu, obținem

$$A_s = \bar{x}\overline{A}_2C_1E_1 \cup x\overline{A}_1\overline{C}_1E_1 \cup (A_1\overline{A}_2) \cup (\overline{A}_2\overline{C}_1\overline{C}_3) =$$

$$= E_1(\bar{x}\overline{A}_2C_1 \cup x\overline{C}_1\overline{A}_1) \cup \overline{A}_2(A_1 \cup \overline{C}_1\overline{C}_3).$$

$$A_d = \bar{x}\overline{A}_3C_3 \cup x\overline{A}_3C_1 \cup (C_1C_3) = \overline{A}_3(\bar{x}C_3 \cup xC_1) \cup C_1C_3.$$

$$D = A_3(\bar{x}\overline{C}_1 \cup xC_1E_1) \cup \overline{E}_1 \cup xA_1C_2.$$

$$E = \bar{x}C_3\overline{D}_1 \cup xC_1\overline{D}_1 \cup (C_1C_3) = D_1(\bar{x}C_3 \cup xC_1) \cup C_1C_3.$$

$$C_s = A_1\overline{C}_1F_1 \cup x\overline{A}_1A_2\overline{C}_1 \cup A_2\overline{C}_1\overline{C}_2 \cup (xA_2\overline{C}_1\overline{C}_2) =$$

$$= xA_2\overline{C}_1(\overline{C}_2 \cup \overline{A}_1) \cup \overline{C}_1(A_1F_1 \cup A_2\overline{C}_2).$$

$$C_d = x\overline{A}_1A_2\overline{C}_3.$$

$$F = \overline{C}_1(\overline{A}_2 \cup x) \cup C_3\overline{F}_1.$$

11.5.4. STRUCTURAREA SCHEMEI DE COMUTAȚIE

Pe baza formulelor deduse se poate structura schema de comutație dinamică sau de comutație statică care satisface specificațiile automatului.

Scanned with OKEN Scanner

În figura 11.74, este dată schema de comutaţie dinamică. Observăm că în schemă sînt folosite mai multe contacte ale aceluiaşi microîntrerupător. Aceasta impune folosirea unor relee intermediare pentru microîntrerupătoarele A_1, A_2, A_3, C_1, C_2, C_3, şi E_1. Se are în vedere faptul că microîntrerupătoarele E_2 şi F_1 sînt executate sub forma asociaţiei dintre un contact normal închis şi unul normal deschis.

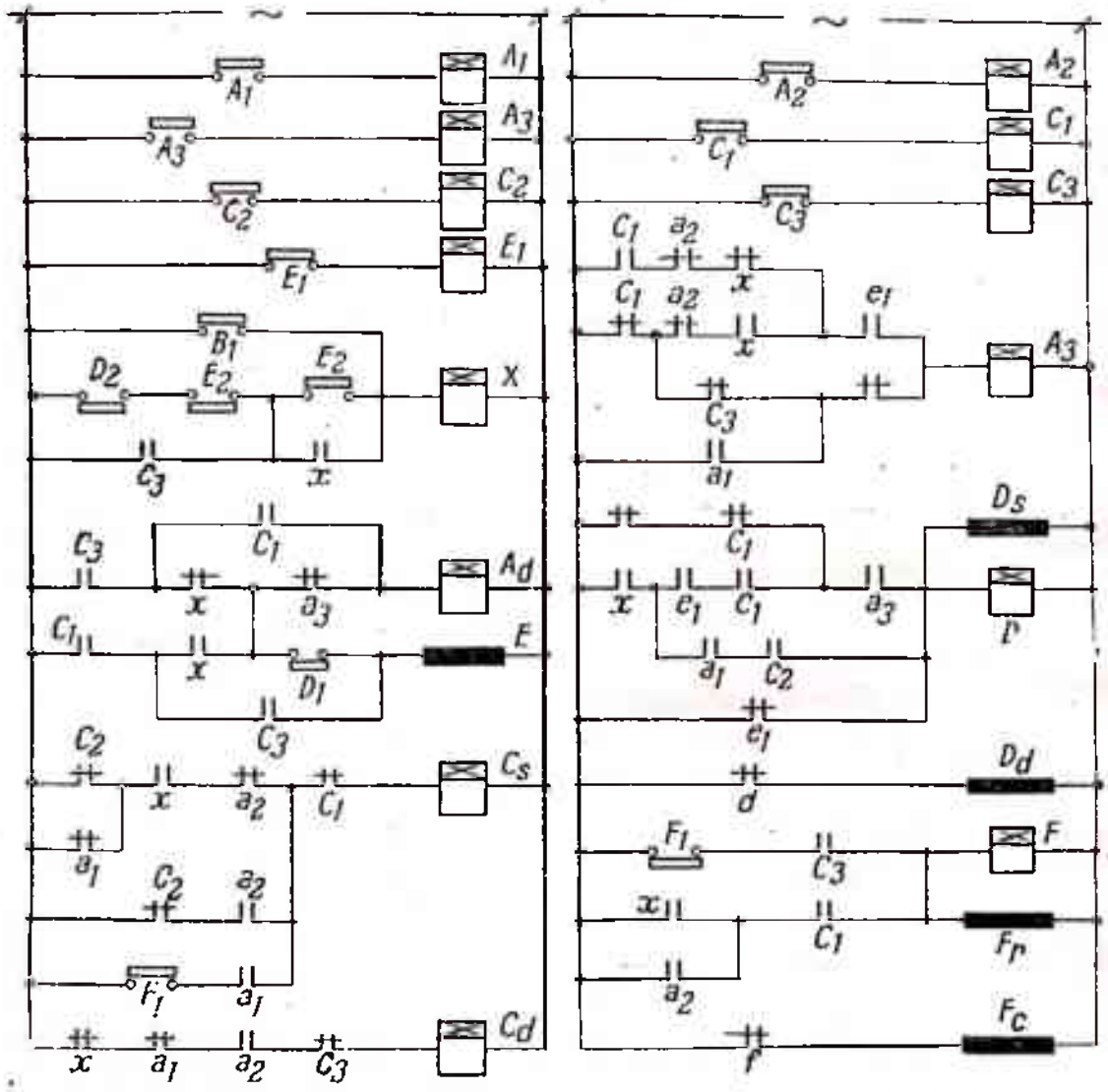


Fig. 11.74. — Comanda automată a unei maşini de găurit.

Odată structurată schema π, se impune verificarea funcţionării ei. Cu această ocazie se poate depista prezenţa hazardului care eventual a fost scăpat din vedere la formarea grupărilor de numere de stare adiacente.

Scanned with OKEN Scanner

Unele contacte sau grupuri de contacte pot fi folosite în comun de mai multe variabile de ieșire, dacă noile ramuri introduse prin aceasta, nu influențează valorile binare ale variabilelor de ieșire.

Astfel, în cazul variabilei X, contactul C_3 poate fi folosit în comun de două ramuri, prin aceasta expresia logică care definește pe X nemodificîndu-se

$$X = (E_2 \cup x)(\overline{D}_2\overline{E}_2 \cup C_3) \cup B_1 = \overline{D}_2\overline{E}_2x \cup C_3E_2 \cup C_3x \cup B_1.$$

Din aceleași motive contactul C_1 poate fi folosit în comun de două ramuri ale circuitului lui A_s, contactul x, este folosit în comun de două ramuri ale lui D și contactul C_1, este folosit în comun de două ramuri ale lui C_s.

Grupul de contacte : $(\bar{x}C_3 \cup xC_1) = a$, este comun variabilelor A_d și E. Folosirea în comun de către cele două variabile de ieșire a acestui grup de contacte nu modifică expresiile logice ale acestora, întrucît

$$a\overline{A}_3 \cup C_1C_3 \cup \overline{D}_1C_1C_3 = a\overline{A}_3 \cup C_1C_3$$

și

$$a\overline{D}_1 \cup C_1C_3 \cup \overline{A}_3C_1C_3 = a\overline{D}_1 \cup C_1C_3.$$

Folosirea în comun a contactelor C_1 și C_3 de asemenea nu modifică valoarea logică a funcțiilor logice pentru A_d și E, întrucît

$$C_1C_3 \cup C_1\bar{x}xC_1 \cup C_1\bar{x}C_3C_1 = C_1C_3$$

și

$$C_1C_3 \cup C_3x\bar{x}C_3 \cup C_3xC_1C_3 = C_1C_3.$$

La structurarea schemei din figura 11.74, s-a mai presupus că ventilele electromagnetice ale amplificatoarelor pneumatice sînt acționate prin electromagneții D_s, D_d, respectiv F_d, F_s și electromagnetul E. Revenirea organului de execuție al servomotorului E, cînd $E = 0$, se face sub acțiunea unui resort.

Scanned with OKEN Scanner

BIBLIOGRAFIE

1. Aizerman M. A., *Loghika, avtomati, algoritmi*, Moskva, Fiz.-mat. izd.-vo, 1963.
2. Anesa, Castello, Lamouche, *L'analyse séquentielle des schémas d'éléments statiques*, Equipement Electrique et électronique, **271** (1967).
3. Argintaru I., Cristina L., *Elemente pentru scheme de prelucrare logică şi elemente de intrare în sistemul UNILOG tip A.*, Aut. şi electr., **X**, *5* (1966).
4. Balaban E., Boţan N. V., *Aspecte noi privind extinderea aplicării algebrei logicii la proiectarea schemelor de acţionare electrică*, Bul. I.P.I., **XII (XVI)**, *1—2*, 275—282 (1966).
5. Balaban E., *Contribuţii la aplicarea calculului algebric în analiza şi sinteza schemelor de comandă a acţionărilor electrice*, — teză de doctorat, Institutul politehnic Iaşi, 1968.
6. Balaban E., Iriaşiu M., Boţan C., Bordea D., *Studiu privind îmbunătăţirea schemei de comandă pentru acţionarea unei maşini-unelte*, Electrot., *16*, 2 (1968).
7. Barbu E., *Sinteza circuitelor logice de necoincidenţă şi aplicarea lor*, Aut. şi electr., *6* (1964).
8. Bartee T. C., *Computer design of multiple output logical networks*, IRE Trans. on El. Comp., *1*, 21—30 (1961).
9. Basarab S., *O metodă tip de sinteză a automatelor finite fără memorie cu mai multe ieşiri, realizate cu elemente de comutaţie statică*, Aut. şi Electr., *2* (1965).
10. Bondarel R. ş.a., *Commande optimale des processus*, tome 1, *Concepts fondamentaux de l'automatique*, Paris, Dunod, 1967.
11. Boţan N. V., *Cum se citesc schemele de acţionare electrică*, Bucureşti, Edit. tehnică, 1965.
12. Boţan N. V., Bejan I., Balaban R., *Curs de acţionări electromecanice şi automatizări*, Bucureşti, Edit. didactică şi pedagogică, 1962.
13. Boţan N. V., Balaban E., *Sur quelques possibilités d'utilisation de l'algèbre logique aux schémas de commande électrique*, Bul. I.P.I., **XI (XV)**, *3 — 4* (1965).
14. Brunin J., *Logique binaire et commutation*, Paris, Dunod, 1966.
15. Brunin J., *Simplification des fonctions logiques à grand nombre de variables*, Automatisme. **V** (1963).

Scanned with OKEN Scanner

16. Caldwell S. H., *Switching Circuits and Logical Design*, Wiley and Sons, 1958.
17. Castello P., *Clé des schémas électriques*, Paris, Dunod, 1965.
18. Challe J. H., *Utilisation des éléments logiques dans les automatismes à programme par commutation*, Automatisme, VI (1961).
19. Creangă I. și colectiv, *Introducere în teoria numerelor*, București, Edit. didactică și pedagogică, 1965.
20. Constantinescu V., *O metodă tip de simplificare a schemelor de comutație statică*, în *Probleme de automat.*, IV, București, Edit. Academiei.
21. Costake N. N., Lazăr I. S., *Metodă de sinteză a circuitelor logice fără memorie*, Aut. și electr., *5* (1962).
22. Damsker D., *Codurile folosite pentru reprezentarea informațiilor în sistemele tehnice digitale*, A.T.M., *5* (1965).
23. Damsker D., *Bazele teoretice ale automatelor secvențiale*, A.T.M., *6*, 33—44 (1966).
24. Damsker D., *Matrice logice complete. Folosirea lor în minimizarea expresiilor booleene*, Aut. și electr., **X**, *3*, 97—148 (1966).
25. Damsker D., *Principii și mijloace noi de automatizare a acționărilor electrice*, București, Edit. Academiei, 1964.
26. Damsker D., *Metodă de sinteză a sistemelor secvențiale programabilă pe calculatoarele electronice numerice*, Aut. și electr., **9**, *5*, 207—211 (1965).
27. Davidoviciu A., *Utilizarea elementelor de comutație statică UNILOG tip A în instalațiile de automatizare*, Aut. și electr., **X**, *5*, 230—236 (1966).
28. Denouette M., Perrin J. P., Daclin E., *Aléas dans les systèmes électroniques en fonctionnement séquentiel asynchrone*, Automatisme, **XII**, *4*, 166—173 (1967).
29. Didenko V. P., *Ob odnom metode sinteza bezpovtornih kontaktnih shem*, Avtomaticeskoe upravlenie, Izv. ANSSSR, 1960.
30. Dobrovidov A. V., Stratonovici R. L., *O sinteze optimalnih avtomatov, funcționiruiușcih v sluciainih sredah*, Avt. i telemeh., **10** (1964).
31. Enescu Gh., *Introducere în logica matematică*, București, Edit. științifică, 1965.
32. Felea I., Ionescu C., Tecuceanu M., *Circuite și blocuri pentru funcțiuni dependente de timp*, Aut. și electr., **X**, *5*, 218—225 (1966).
33. Felea I., *Circuite cu tranzistoare în industrie*, II, Ed. tehnică, București, 1964.
34. Florine J., *Méthode d'optimisation simultanée des fonctions de sortie d'un système logique incomplètement défini*, Revue A., *1* (1965).
35. Florin J., *La synthèse des machines logiques*, Paris, Dunod, 1964.
36. Florine J., *Sintez loghiceskih ustroistv i ego avtomatizația*, Moskva, Izd. «Mir», 1966.
37. Florine J., *Automatisation des processus d'analyse et de synthèse optimale des fonctions booléennes*, Automatisme, **XI** (1966).
38. Gavrilov M. A., *Teoriia releino-kontaktnih shem*, Moskva, Izd. AN SSSR, 1950.

Scanned with OKEN Scanner

39. Gill A., *Introduction to the theory of finite state machines*, McGraw-Hill, 1962.
40. Girard P., *Contribution à l'étude des machines séquentielles*, Automatisme, XIV, *2*, 5—80 (1969).
41. Girard P., *Contribution à l'étude des machines séquentielles* (II). Automatisme, XV, *1*, 12—16 (1970).
42. Goriovițkaia N. A., Pinsker E. L., *Postroenie minimalnih diziunctivnih normalnih form*, Avt. upravlenie, Izd. AN SSSR, 1960.
43. Guy Boulaye, *Application des équations booléennes à l'étude des bascules asynchronisées*, Automatisme, **XIII**, *1*, 20—24 (1968).
44. Guy Boulaye, *Homomorphismes de récurrences. Application à la décomposition des systèmes séquentiels*, Automatisme, **XII**, *3*, 106—109 (1967).
45. Hartmanis J., *On the state assignment problem for sequantial machines*, IRE Trans. EC., **10**, 157—165 (1961).
46. Hill C. F., *Nor/Nand Logic the Easy Way*, Control Engineering, mai, 1964.
47. Huffman S., *The synthesis of sequential switching circuits*, Journ. of the Franklin Inst., mart.-apr. 1954.
48. Joffrin Y., Perrin J. P., Denouette R., *Automatismes à séquences*, Automatisme, **X** (1965).
49. Kämmerer W., *Zur Struktur selbstkorrigierender Automaten*, Messen-Steuern-Regeln, ianuarie 1967.
50. Kazakov V. D., *Nahojdenie maksimalnogo cisla prostih implikantov proizvolnoi loghiceskoi funkții n-peremennih*, Avt. upravlenie, Izd. AN SSSR, 1960.
51. Krigman A., *Bond Graphs for Logic Circuits*, Control Enginering, februarie, 91.92 (1967).
52. Kuntzmann J., *Un théorème sur les composants premiers d'une fonction booléenne et ses applications*, Automatisme, *1*, 18—20 (1964).
53. Kuntzmann J., *Algèbre de Boole*, Paris, Dunod, 1965.
54. Kuntzmann J., *Synthèse optimale de fonctions booléennes par des opérateurs croissants*. Automatisme, **X** (1965).
55. Itsuo Tabanamî, Namio Honda, *Analysis and Synthesis of Finite Automata by Transition Matrices* (abstracts), The Transaction of the Institute for Electronics and Comunication Engineers of Japan, 1967.
56. Lazăr I. S., *Sinteza schemelor logice fără memorie, realizate cu elemente de comutație statică*, A.T.M., *6*, București, Edit. tehnică, 1966.
57. Lazarov V. G., Pill P. I., *Sintez asinhronnih konecinih avtomatov*, Moskva, Izd-Vo « Nauka », 1964.
58. Leborgne P., Tremembert A., *Relee electromagnetice și elementele de comutație statică în circuitele de automatizare*, Mec. aut. electronică, caiet selectiv, *8*, 504—514 (1967).
59. Lapschier F., *Fonctions booléennes incomplètes rattachées à une fonction donnée. Applications aux problèmes de représentation*, Automatisme, **X** (1965).

Scanned with OKEN Scanner

60. Lazarev V. G., *Metodă matricolă pentru minimizarea stărilor interioare ale automatelor asincrone finite*, Izv. AN SSSR, Tehn. kibernetika, *1*, 36—38 (1964).
61. Livovschi L., *Circuite cu contacte de relee*, București, Edit. Academiei, 1968.
62. Livovschi L., *Utilizarea grefelor în probleme de sinteză a automatelor finite*, Avt. i telemeh., **26**, *5*, 832—843 (1965).
63. Marinescu N., Barbu E., *Teoria circuitelor de comutație*, București, Edit. didactică și pedagogică, 1964.
64. Mergler H. W., *A systematic approach. The key to optimum logic design*, Control Engineering, *1*, 68 (1967).
65. Moisil Gr., *Teoria algebrică a circuitelor cu tranzistoare*, vol. I și II, București, Edit. tehnică, 1961—1962.
66. Moisil Gr., *Teoria algebrică a mecanismelor automate*, — București, Edit. tehnică, 1959.
67. Moisil Gr., *Scheme de comandă directă cu contacte și relee*, București, Edit. Academiei, 1959.
68. Moisil Gr., *Funcționarea în mai mulți timpi a schemelor cu relee ideale*, București, Edit. Academiei, 1960.
69. Moisil Gr., *Sur la théorie algébrique des circuits logiques à transistors*, Automatisme, **VII** (1962).
70. Moisil Gr., *Încercări vechi și noi de logică neclasică*, București, Edit. științifică, 1965.
71. Moisil Gr., *Sur les aléas de continuité dans les circuits de commutation*, Automatisme, **X** (1965).
72. Naslin P., *Circuite logice și automatizări secvențiale*, București, Edit. tehnică, 1967.
73. Naslin P., *Note sur la simplification des fonctions logiques*, Automatisme, *11*, 433—439 (1962).
74. Naslin P., *Classification des circuits séquentiels*, Automatisme, **IX**, *6*, 239—248 (1964).
75. Naslin P., *Note sur la recherche des bases premières d'une fonction booléenne*, Automatisme, **XII**, *1*, 16 (1967).
76. Necula N. N., *Principalele probleme ale teoriei circuitelor logice cu prag*, Aut. și electr. **12**, *3*, 112—119 (1968).
77. Necula N. N., *O metodă de minimizare a structurilor în două nivele SI—SAU de scheme combinaționale cu mai multe ieșiri*, Aut. și electr., **13**, *1*, 17—23 (1969).
78. Nicolau Ed., Popovici Al., *Introducere în cibernetica sistemelor discrete*, București, Edit. tehnică, 1966.
79. Novikov P. S., *Elemente de logică matematică*, București, Edit. științifică, 1966.
80. Piili E. I., *Nekotorie voprosî kodirovaniia konecinîh avtomatov*, Avt. upravlenie, Izd. AN SSSR, 1960.
81. Pomper V., *Proposition de définition et de symbolisation des opérations et fonctions logiques*, Automatisme, **XI**, *5*, 304—308 (1966).

Scanned with OKEN Scanner

82. Pospelov D. A., *Loghiceskie metodi analiza i sinteza shem*, Moskva, Izd. vo «Energhetika», 1964.
83. Perrin J. P., Denouette M., Daclin E., *Systèmes logiques*, vol. I, Paris, Dunod, 1967.
84. Perrin J. P., Denouette M., Daclin E., *Systèmes logiques*, vol. II, Paris, Dunod, 1967.
85. Predoi A., Dragoş D., *Elaborarea schemelor logice combinaţionale optimale pentru echipamentele numerice ale maşinilor unelte şi elementele necesare acestor scheme*, Aut. şi electr., **12**, *3*, 107—111 (1968).
86. Reus N., *O nouă metodă grafo-simbolică de analiză şi sinteză a sistemelor discrete de acţionare electrică*, teză de doctorat, Instit. politehnic Iaşi, 1960.
87. Richalet J., *Les systèmes discrets*, L'Onde Electrique, **451**, 1011—1010 (1964).
88. Richalet J., *Note sur l'application de la théorie des systèmes linéaires séquentiels à la reconnaissance des suites booléennes*, Automatisme, **XI** (1966).
89. Sandu D., *Utilisation des graphes linéaires dans la synthèse logique structurale*, An. şt. Univ., Iaşi, *XIII*, 89—101 (1967).
90. Sandu D., *O nouă metodă de sinteză logică structurală a automatelor finite combinaţionale cu mai multe ieşiri*, în *Probleme de aut.*, vol. VI, Bucureşti, Edit. Academiei.
91. Săvescu M., Popovici Al., Popescu M., *Circuite electronice* II, Ed. tehnică, Bucureşti, 1969.
92. Seewaldt H., *Scheme electrice de acţionare a maşinilor şi agregatelor*, Bucureşti, Edit. tehnică, 1966.
93. Stănciulescu Fl., *O metodă algebrică de sinteză a schemelor secvenţiale cu relee fără contacte*, Aut. şi electr., **VII**, *6*, 250—254 (1964).
94. Stănciulescu Fl., *La conception et la réalisation des schémas logiques à grande fiabilité*, Automatisme, **XI**, *11*, 597—602 (1966).
95. Tanasiciuc Cl., Simbotin C., *Comutaţia statică în automatică şi telemecanică*, Bucureşti, Edit. tehnică, 1965.
96. Tanasiciuc Cl., Stănciulescu Fl., *Contribuţii la sinteza schemelor secvenţiale binare*, Aut. şi electr., **6**, *2*, 197—201 (1962).
97. Thelliez S., *Simulateur de circuits logiques ternaires*, Automatisme, **XI**, *5*, 296—300 (1966).
98. Tison P., *Recherche des termes premiers d'une fonction booléenne*, Automatisme, ianuarie 1964.
99. Tison P., *Circuits logiques sous aléa de fonctionnement*, Automatisme, **XI**, *4*, 231—236 (1966).
100. Tison P., *Algèbre booléenne. Théorie des consensus. Recherche des bases premières d'une fonction*, Automatisme **X** (1965).
101. Turuta E. N., *Nekotorie metodi povişenia nadejnosti konecinih avtomatov*, Avt. upravlenie, Izd. AN SSSR, 1960.

Scanned with OKEN Scanner

102. Unger S. H., *Hazards and relays in asynchronous sequentiel switching circuits*, IRE Trans., CT. 6, martie 1959.
103. Valée R., *Analyse binaire symbolique*, Automatisme, VII (1962).
104. Vasilieva N. P., Taşkovet I. S., *Loghiceskie elementi v promişlennoi avtomatike*, Bibl. po avtomatike, 1962.
105. Vasilieva N. P., Taşkovet I. S., *Prosteişie posledovatelnostnie elementi i realizaţiia zapominaiuşcei ciasti posledovatelnostnih funkţii na elih elementah*, Avt. i telemeh., 6 (1964).
106. Zissos D., Copperhite G. V., *The design of minimal Nor/Nand logical circuits*, Electronic Engineering, septembrie 1965.
107. Zander H. J., Anack L., *Praktische Anwendung von Verfahren zur Synthese von Folgeschaltungen*, Messen-Steuern-Regeln, *s*, 370—376 (1965).
108. Zakrevski A. D., *O priblijennih metodah reşenia, loghiceskih zadaci. Problemi sinteza ţifrovih avtomatov*, Moskva, Izd-vo «Nauka», 1967.

Scanned with OKEN Scanner

SYMBOLIC TREATMENT OF COMMUTATION SCHEMES

(SUMMARY)

The first chapters of this work define two symbolic forms of ciphred expression of the properties of a commutation scheme, namely the "marking symbol" and "state ratio".

The first symbolic form allows the establishment of certain correspondence relations useful in the process of analysis and synthesis of the commutation scheme, finally leading to the defining of a graph, specific of commutation schemes, and to a new criterion of classification of the logical functions.

The second symbolic form proves useful in describing the states of a commutation scheme, giving the possibility to deduce its progress with the time. The properties of the above mentioned graph allow the elaboration of a method for minimizing the Boolean expressions, which differ from both Quine and McCluskey methods through the mode of finding the prime implicants. This method proves very efficient, lends itself to engineering calculations and allows the solving of certain problems with more than six binary variables.

The work also considers the problem of minimizing the systems of Boolean functions and that of the transformation of the schemes of dynamic commutations.

The last chapters deal with the solving of the problem of the analysis and synthesis of the commutation schemes under an applicative aspect.

Thus, besides the solving of 9 simpler analysis problems and 31 simpler synthesis problems, taken from the field of automatic electric driving of machines with programmed kinematics and of computers, three other problems of greater complexity, pertaining to industry, are treated. Thus the analysis of Platts-type automatic card and the logical plan of the automation schemes for a cotton rolling mill and for a self-acting drill are made. In the last case, the

Scanned with OKEN Scanner

number of the input binary variables of the commutation scheme is 14. The examples treated may constitute a guide for solving certain similar problems.

The theoretical part of the work is accompanied by numerous exemplifications and in the applicative part certain particular cases are chosen, solutions being thus giren for various specific situations that may practically appear.

In order to represent the static commutation scheme, a representation under the form of an oriented graph has been adopted, this way of representing being the simplest possible.

The whole book has a unified character, trying to point out the utility of using the 2 symbolic forms of ciphred expression of the properties of the finite automata.

Scanned with OKEN Scanner

Redactor: Ing. LIA CREȚOIU
Tehnoredactor: MARILENA POPESCU

Bun de tipar 12.04.1971. Hîrtie scris I A. Format 16/61×86, de 80 G/m². Coli de tipar 17. C.Z. pentru biblioteci mari 51:621.316.5.06.001.2. C.Z. pentru biblioteci mici 51:621.316.

Întreprinderea Poligrafică „Informația", București,
str. Brezoianu nr. 23–25.
Republica Socialistă România

Scanned with OKEN Scanner

621.394

Lei 11

EDITURA
ACADEMIEI
REPUBLICII
SOCIALISTE
ROMÂNIA

Scanned with OKEN Scanner

În primele capitole ale acestei lucrări se definesc două forme simbolice de exprimare codificată a proprietăților unei scheme de comutație și anume **„simbolul de marcare"** și **„raportul de stare"**.

Prima formă simbolică permite stabilirea unor relații de corespondență utile în procesele de analiză și sinteză a schemelor de comutație, conducînd în final la definirea unui graf specific schemelor de comutație și la un nou criteriu de clasificare a funcțiilor logice.

A doua formă simbolică se dovedește utilă în descrierea stărilor unei scheme de comutație, oferind posibilitatea de a deduce evoluția ei în timp.

Proprietățile grafului specific schemelor de comutație permit elaborarea unei metodici de minimizare a expresiilor booleene care diferă de metoda lui Quine și McCluskey prin modul de găsire a implicanților primi. Această metodă se dovedește foarte expeditivă, se pretează calculului inginerese manual și permite rezolvarea unor probleme cu mai mult de șase variabile binare.

În lucrare este abordată și problema minimizării sistemelor de funcții booleene precum și cea a transformării schemelor de comutație dinamică.
Ultimele capitole ale lucrării tratează problema analizei și sintezei schemelor de comutație sub un aspect inginerese aplicativ.